Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas
Licenciatura en Física

Ideas previas sobre el concepto de presión atmosférica

Tesis

Que para obtener el Título de
Licenciado en Física

Presenta
Claudia Alcántara Flores

Directores de Tesis
Dra. Olga Leticia Fuchs Gómez,
M.C. Gregorio Rogelio Cruz Reyes

Puebla, Pue. Mayo 2016

Índice general

Lista de figuras v

Lista de tablas vii

Resumen iii

Introducción v

1. Ideas Previas **1**
1.1. Selección del término 1
1.2. Planteamiento del problema. ¿Qué son las ideas previas? . . . 2
1.3. Causas y orígenes 2
1.3.1. Origen sensorial 3
1.3.1.1. Razonamiento causal 4
1.3.2. Origen cultural 9
1.3.2.1. La utilización del lenguaje 9
1.3.3. Origen escolar 10
1.4. Características de las ideas previas 11
1.5. Factores que hacen que las ideas previas sean tan persistentes 12
1.6. Algunas ideas sobre psicología del aprendizaje 13
1.7. La identificación de las ideas previas 14
1.8. El cambio conceptual 15
1.9. Estrategias instruccionales 17
1.9.1. Errores postinstruccionales 18
1.10. Las ideas previas tras el proceso enseñanza-aprendizaje 19
1.11. Diferencias entre ideas previas y conceptos científicos 20
1.12. Dificultades en la enseñanza de la Física 22
1.13. Ideas previas en la enseñanza de la Física 23
1.14. Persistencia de las ideas previas en Física 23

2. Estado del arte **25**
2.1. Dificultades conceptuales para la presión 25
2.2. El uso del término presión en el lenguaje común 26

3. Demostración de la presión atmosférica... **29**
3.1. Descripción del experimento 29
3.2. Las variantes 29
3.3. El experimento en la literatura 30
3.3.1. En libros de texto 31
3.3.2. En artículos de divulgación científica 37
3.3.3. En páginas web 40

4. La taxonomía SOLO **47**

5. Metodología de la investigación **51**
5.1. Diseño de la investigación 51
5.2. Elección del método 51
5.3. Elaboración de la encuesta 51
5.3.1. Formato de la encuesta 52
5.3.2. La encuesta 53
5.4. Elección del material de apoyo 53
5.4.1. Características del vídeo 54
5.4.2. El vídeo 54
5.5. Sujetos de investigación 54
5.5.1. Tamaño de la muestra 55
5.5.2. La muestra 55
5.6. Aplicación de la encuesta 55
5.7. Resultados esperados o hipótesis 56

6. Análisis y resultados de la encuesta **57**
6.1. Análisis de las descripciones 60
6.1.1. ¿Se puede considerar como descripción del experimento? 60
6.1.2. Etapa del vídeo a partir de la cual se describe 61
6.1.3. Los materiales, como parte de la descripción 62
6.1.4. Suposiciones en la descripción 63
6.1.5. El desarrollo del experimento 65
6.1.6. La finalidad del experimento 67
6.1.7. Clasificación de las descripciones 68
6.2. Análisis de las explicaciones 70
6.2.1. Explicación No. 1 70

6.2.1.1. ¿Se puede considerar como una explicación al experimento? 70
6.2.1.2. Etapa del vídeo a partir de la cual explica . . 71
6.2.1.3. Suposiciones en la explicación 72
6.2.1.4. Importancia de las suposiciones en la explicación 73
6.2.1.5. El término presión 75
6.2.1.6. Causa y efecto en las explicaciones 76
6.2.2. Explicación No. 2 83
6.2.2.1. ¿Se puede considerar como una explicación el experimento? 83
6.2.2.2. Explicación en términos de la presión dentro y fuera de la botella 84
6.2.2.3. La presión mayor 85
6.3. Consideraciones para el nivel de entendimiento en la taxonomía SOLO 86
6.3.1. ¿Cambia su explicación inicial? 87
6.3.2. ¿Qué pasa con la nueva idea? 87
6.3.3. La presión dentro 89
6.3.4. La presión fuera 90
6.3.5. Confunde el término presión con fuerza 92
6.3.6. Nivel de entendimiento 92
6.3.7. ¿Logra entendimiento? 93
6.4. Ideas previas 94
6.4.1. Clasificación de las interpretaciones 101
6.4.2. Ideas previas subyacentes 106
6.4.3. Ideas previas persistentes 107

Conclusión **109**

Bibliografía **113**

Índice de figuras

3.1. Visualización del experimento 30
3.2. El círculo de la comunicación 31
3.3. Recreaciones científicas o la física y la química sin aparatos ni laboratorio y solo por los juegos de la infancia 32
3.4. Experimento del rompe vejigas 33
3.5. El libro de las chicas audaces 34
3.6. El huevo escurridizo 34
3.7. SONORA Educación ecológica y ambiental 35
3.8. La presión atmosférica y el huevo cocido 36
3.9. ¿Por qué los gallos cantan al amanecer? 36
3.10. cienciapopular.com 41
3.11. experimentoscaseros.com 42
3.12. explorable.com 43
3.13. experimentosfaciles.com 44

4.1. Niveles de complejidad estructual en la taxonomía SOLO . . . 48

5.1. Encuesta-Parte 1 52
5.2. Encuesta-Parte 2 52
5.3. Vídeo de apoyo 54

6.1. Género 58
6.2. Etapa 1 58
6.3. Etapa 2 59
6.4. Etapa 3 60
6.5. Valoración de descripciones 61
6.6. Descripción por etapas 62
6.7. Cita todos los materiales 63
6.8. Suposiciones acerca de los materiales 64
6.9. Suposiciones en términos de cada material 65
6.10. Clasificación del desarrollo del experimento 66

6.11. Omisiones en el desarrollo 67
6.12. Referencia a la finalidad del experimento 68
6.13. Clasificación de las descripciones 69
6.14. Valoración de la Explicación No. 1 71
6.15. Explicación No. 1 por etapas 72
6.16. Suposiciones acerca de los materiales 72
6.17. Suposiciones en términos de cada material 73
6.18. Importancia de las características físicas de los materiales para la Explicación No. 1 74
6.19. Importancia de las características físicas del huevo y la botella 75
6.20. Introduce el término presión en la Explicación No. 1 76
6.21. Número de factores en la causa de la Explicación No. 1 77
6.22. Factor en la causa de la Explicación No. 1 78
6.23. Factores en la causa de la Explicación No. 1 79
6.24. Número de factores en el efecto de la Explicación No. 1 80
6.25. Efecto con un factor de la Explicación No. 1 82
6.26. Factores en el efecto de la Explicación No. 1 83
6.27. Valoración de la Explicación No. 2 84
6.28. Consideración de la sugerencia para la Explicación No. 2 . . . 85
6.29. Ubicación de la presión mayor 86
6.30. Cambio ante la sugerencia en la Explicación No. 2 87
6.31. ¿Qué pasa con la nueva idea? 88
6.32. Identificación de la presión dentro de la botella 89
6.33. Justificación correcta o incorrecta de la presión dentro de la botella 90
6.34. Identificación de la presión fuera de la botella 91
6.35. Justificación correcta o incorrecta de la presón fuera de la botella 91
6.36. Confusión entre los términos presión y fuerza 92
6.37. Ubicación en los niveles de entendimiento en la taxonomía SOLO 93
6.38. Entendimiento individual con base en los niveles de la taxonomía SOLO 94

Índice de tablas

6.1. Género 57
6.2. Valoración de descripciones 61
6.3. Descripción por etapas 62
6.4. Cita todos los materiales 63
6.5. Suposiciones acerca de los materiales 64
6.6. Suposiciones en términos de cada material 65
6.7. Clasificación del desarrollo del experimento 66
6.8. Omisiones en el desarrollo 67
6.9. Referencia a la finalidad del experimento 67
6.10. Clasificación de las descripciones 69
6.11. Valoración de la Explicación No. 1 70
6.12. Explicación No. 1 por etapas 71
6.13. Suposiciones acerca de los materiales 72
6.14. Suposiciones en términos de cada material 73
6.15. Importancia de las características físicas de los materiales para la Explicación No. 1 74
6.16. Importancia de las características físicas del huevo y la botella 75
6.17. Introduce el término presión en la Explicación No. 1 75
6.18. Número de factores en la causa de la Explicación No. 1 76
6.19. Factor en la causa de la Explicación No. 1 78
6.20. Factores en la causa de la Explicación No. 1 79
6.21. Número de factores en el efecto de la Explicación No. 1 80
6.22. Efecto con un factor de la Explicación No. 1 81
6.23. Factores en el efecto de la Explicación No. 1 82
6.24. Valoración de la Explicación No. 2 84
6.25. Consideración de la sugerencia para la Explicación No. 2 . . . 85
6.26. Ubicación de la presión mayor 85
6.27. Cambio ante la sugerencia en la Explicación No. 2 87
6.28. ¿Qué pasa con la nueva idea? 88
6.29. Identificación de la presión dentro de de la botella 89

6.30. Justificación correcta o incorrecta de la presión dentro de la botella 90
6.31. Identificación de la presión fuera de la botella 90
6.32. Justificación correcta o incorrecta de la presión fuera de la botella 91
6.33. Confusión entre los términos presión y fuerza 92
6.34. Ubicación en los niveles de entendimiento en la taxonomía SOLO 93
6.35. Entendimiento individual con base en los niveles de la taxonomía SOLO 94
6.36. Clasificación de las interpretaciones 105
6.37. Interpretaciones más representativas en combinaciones especificas tipo causa(s)-efecto(s) 106
6.38. Persistencia de las ideas previas 107

Ideas previas sobre el concepto de presión atmosférica

Claudia Alcántara Flores

Mayo 2016

Resumen

Para la demostración de la existencia de la presión atmosférica hay un experimento muy conocido que consiste en un huevo cocido y pelado que entra en una botella debido a la diferencia de presiones. Está presente en libros de texto, libros de divulgación científica, páginas web, entre otros. Demostraciones de este tipo, ayudan al estudiante a comprender conceptos como la presión atmosférica, sin embargo, podemos encontrar obstáculos que impiden el aprendizaje, tales como las ideas previas que cada persona lleva consigo, muchas veces sin siquiera saberlo y que limitan la adquisición de nuevas ideas.

El objetivo de principal de este estudio es hallar las ideas previas que dificultan el aprendizaje del concepto de presión atmosférica que se encuentran en una muestra de 89 estudiantes de bachillerato, por medio del análisis de las explicaciones que ofrecen tras observar un vídeo que muestra el experimento: "huevo que entra en una botella".

Adicionalmente, se ofrece un panorama con las características descriptivas que se obtienen de las respuestas en descripciones y explicaciones; que muestran entre otros, los factores que el estudiante considera de interés para el experimento.

Finalmente se identifica el grado de comprensión del estudiante por medio del análisis del nivel de entendimiento en la taxonomía SOLO. Los resultados que se obtienen de este trabajo pretenden ser de gran utilidad para la planificación de estrategias para la enseñanza del concepto de presión.

Introducción

Las dificultades en torno a la comprensión de la presión atmosférica surgieron desde hace mucho tiempo, pero tal vez la razón más importante para lograr esta comprensión es la gran influencia de la física aristotélica. Un ejemplo de este problema lo presenta Galileo Galilei, quien había encontrado que las bombas de succión no podían elevar el nivel del agua a más de 10.5m y que llamó horror vacui, que se interpreta como el horror que la naturaleza tiene del vacío, en términos más técnicos, que la naturaleza aborrece el vacío con una fuerza (por unidad de área) igual al peso de una columna de agua de 10.5m. Galileo decía que la columna se cae porque el horror vacui no es suficiente para soportar todo su peso. Todo esto aunado a que Aristóteles había establecido una relación de pesos entre los 4 elementos: aire, tierra, fuego y agua, para el orden del universo, y la idea de que el aire pesara sobre el aire no entraba en su teoría constituyeron un problema para el entendimiento sobre la existencia de la presión atmosférica. No fue sino hasta el siglo XVII, con el famoso tubo de Torriccelli en el año de 1643 que se logró medir la presión atmosférica y en 1654 con la demostración casi circense de la presión atmosférica por el científico alemán Von Guericke y su llamado experimento de los hemisferios de Magdeburgo, que la ciencia moderna aceptó la existencia de la presión atmosférica.

En la actualidad, el profesor puede elegir dentro de una variedad de experimentos en la literatura que le sirvan como apoyo para la comprensión del concepto, mostrando la existencia de la presión atmosférica. Entre los experimentos más populares y sencillos se encuentran: el huevo que entra en la botella, la lata que se comprime, el agua que sube de nivel, el globo inflado con la boca abierta, el agua que no cae del vaso, entre otros. Por otro lado, no cabe duda que los experimentos que guardan relación con la presión atmosférica resultan realmente impactantes, sin embargo, los alumnos encuentran dificultades a la hora de explicar su origen.

Dificultades que llevan a complicaciones aun en el camino del aprendiza-

je activo, el cual supone experiencias lingüísticas activas y significativas. Y hablamos de un aprendizaje constructivista, en un ambiente de auténtico aprendizaje activo, donde los alumnos participan escuchando de manera activa, hablando de forma reflexiva, mirando con la atención centrada en algo, escribiendo con un fin determinado, leyendo de manera significativa y dramatizando de modo reflexivo.

La hipótesis es que si el alumno no es capaz de describir el fenómeno; destacando los elementos más importantes, y aún de mayor peso, si el alumno no logra explicar correctamente dicho fenómeno de acuerdo al conocimiento científico, encontraremos que el estudiante tiene dificultades para la comprensión y aprendizaje de este fenómeno.

En este trabajo estudiaremos y analizaremos las ideas que los alumnos utilizan para interpretar el concepto de presión atmosférica antes de recibir una enseñanza orientada a la explicación científica, así como las ideas que se encuentran relacionadas con los errores conceptuales cometidos por estudiantes de cualquier nivel educativo, en un área cualquiera de la ciencia y a pesar de que hayan recibido enseñanza formal sobre el tema a lo largo de varios años.

En el capítulo 1 se describe el problema del aprendizaje relacionado con las ideas previas, se dan los antecedentes, se plantea el problema y los objetivos del trabajo.

En el capítulo 2 se presentan algunos resultados de estudios en torno a las dificultades para el aprendizaje del concepto presión, que muestran la recurrente confusión de conceptos presión y fuerza, además un estudio en el sistema semántico con resultados de un estudio de clase.

En el capítulo 3 se muestra una pequeña parte del panorama que ofrece la literatura (en libros de texto, artículos de divulgación científica e internet) entorno al experimento “huevo que entra en la botella”, como uno de los experimentos de apoyo en clase para la demostración de la presión atmosférica, su descripción, abordaje en libros y las variantes.

En el capítulo 4, la descripción de la taxonomía SOLO, como herramienta sencilla y útil para clasificar y evaluar el resultado de una tarea de aprendizaje en función de su organización estructural. Se presentan los niveles de complejidad estructural que evalúa dicha taxonomía y finalmente su aplicabilidad a la situación de enseñanza y aprendizaje.

En el capítulo 5 se establece la metodología de la investigación; que incluye el diseño, la elección de método, las características de la encuesta y el material de apoyo, especificaciones de la muestra y la aplicación de la misma.

Finalmente, en el capítulo 6 se realiza el análisis de resultados de este estudio.

Capítulo 1

Ideas Previas

1.1. Selección del término

Debido a que no existe un acuerdo generalizado sobre cómo llamar al campo que estudia las concepciones que tienen las personas en torno a los conceptos científicos, existe una diversidad de términos con los que se le denomina: "esquemas alternativos", "concepciones alternativas", "representaciones mentales", "ciencia de los niños", "errores conceptuales", "conocimiento del sentido común", entre otros [10, 27, 19]. Términos que dependen de las posiciones epistemológicas que los investigadores tienen en torno a la construcción del conocimiento, a su valoración del conocimiento científico y del aprendizaje.

A lo largo de la historia se han empleado diferentes denominaciones y han surgido otras más. Posada (2000) hace una recopilación de éstas y señala que el cambio terminológico que se aprecia no es trivial, además de que refleja el cambio de mentalidad que se ha producido sobre la naturaleza de las ideas alternativas y su papel en el aprendizaje.

Entre los términos actuales más comunes para referirse a las concepciones que tienen las personas en torno a los conceptos científicos se encuentran: "errores conceptuales", "preconceptos", "concepciones espontáneas", "teorías implícitas", "teorías en acción", "ideas alternativas", "ideas previas" y "concepciones alternativas" [11].

En el presente trabajo usaremos el término de "ideas previas", definidas como el conjunto de ideas que poseen los seres humanos para la interpretación de los fenómenos naturales, y que las mismas están en contradicción con lo establecido en las teorías, principios y leyes del conocimiento científico o

paradigmas predominantes en el medio académico [30].

1.2. Planteamiento del problema. ¿Qué son las ideas previas?

Las ideas previas son ideas o construcciones mentales que los alumnos y en general las personas elaboran para responder a su necesidad de interpretar diversos fenómenos naturales antes de recibir enseñanza en la que aprendan o conozcan la explicación científica, ya sea porque dicha interpretación es necesaria para la vida cotidiana, para solucionar un problema práctico o porque es requerida para mostrar cierta capacidad de comprensión. Es decir, la construcción de las ideas previas se relaciona con la interpretación de fenómenos naturales y conceptos científicos, para brindar explicaciones, descripciones y predicciones [26, 3, 6].

Objetivo general

En este trabajo identificaremos y analizaremos las ideas que los alumnos utilizan para interpretar diferentes fenómenos. Dichas ideas se encuentran relacionadas con los errores conceptuales cometidos por estudiantes de cualquier nivel educativo, en un área cualquiera de la ciencia y a pesar de que hayan recibido enseñanza formal sobre el tema a lo largo de varios años.

Objetivos particulares

Identificar los elementos que el estudiante considera o toma en cuenta en la descripción e interpretación de un fenómeno.
Evaluación de las interpretaciones del fenómeno en función de su organización estructural.

1.3. Causas y orígenes

Los investigadores coinciden en la existencia de las ideas previas que tienen todos los individuos, pero no hay un acuerdo sobre el origen de las mismas. Entonces surge la pregunta: ¿cómo es que se originan las ideas previas?, a esto, la mayoría de los autores coinciden en considerar a ideas previas como el fruto de las experiencias cotidianas, tanto físicas como sociales [18]. También hay ideas previas que se deben a malas interpretaciones del lenguaje [9], a diversos factores culturales [15, 50] o que son dependientes del contexto [16,

49], entre otras. Entre las causas de las ideas previas, Pozo (1996) señala las experiencias y observaciones de la vida cotidiana, el profesorado, los libros de texto y otros materiales escolares, la interferencia del lenguaje cotidiano y el científico, los medios de comunicación, y la cultura propia de cada civilización.

Por otra parte, Lin et al (2004) afirman que el origen de estas preconcepciones se encuentra en: la enseñanza dentro y fuera de la escuela; las experiencias diarias cotidianas, el medio social y la intuición.

Pueden diferenciarse tres posibles orígenes para las ideas de los alumnos [45]:

1. Origen sensorial: las concepciones espontáneas. Se formarían en el intento de dar significado a las actividades cotidianas y se basarían esencialmente en el uso de reglas de inferencia causal aplicadas a datos recogidos (en el caso del mundo natural) mediante procesos sensoriales y perceptivos.

2. Origen social: las concepciones inducidas. El origen de estas concepciones no estaría tanto dentro del alumno como en su entorno social, de cuyas ideas se impregnaría el alumno. De modo que los alumnos accederían a las aulas con creencias socialmente inducidas sobre numerosos hechos y fenómenos.

3. Origen analógico: las concepciones análogas. Para poder comprender algunas áreas del conocimiento de las cuales los alumnos carecen de ideas específicas ya sean espontáneas o inducidas, se verían obligados a activar, por analogía, una concepción útil para dar significado a ese dominio. Es decir, la comprensión debe basarse en la formación de analogías, ya sea generadas por los propios alumnos o sugeridas a través de la enseñanza.

Aunque las cosas pueden ser bastante más complejas al haber interacción entre factores, es decir, que no necesariamente implica que cada una de las anteriores funcione por separado.

La presencia de estas ideas en las personas, y en específico los alumnos es muy relevante para el proceso de construcción del conocimiento, dado que los estudiantes aprenden sobre la base de lo que ya conocen.

1.3.1. Origen sensorial

Se ha ido imponiendo cada vez más la idea de que las personas nos regimos más por criterios de conveniencia pragmática que de coherencia lógica (Pérez

Echeverría 1989, de Vega 1984). Uno de los conceptos que mayor influencia ha tenido en la reciente evolución de la psicología del pensamiento ha sido la noción de heurístico desarrollada por Tversky y Kahneman (1974). Según estos autores, las personas en lugar de usar reglas formales rigurosas para razonar, solemos utilizar reglas aproximativas, de carácter más bien intuitivo, que nos ayudan a cerrar tareas complejas o a alcanzar conclusiones en situaciones inciertas en las que la aplicación de un análisis lógico sistemático sería muy costosa. Sin embargo, conllevarían ciertos sesgos que nos alejarían de las conclusiones formalmente correctas o científicamente válidas, pero serían pragmáticamente útiles en la vida cotidiana [45].

1.3.1.1. Razonamiento causal

La mayor parte de las reglas de razonamiento causal cotidiano, estudiadas tanto en el razonamiento infantil como en el adulto, están directa o indirectamente emparentadas con las leyes empiristas de la causalidad enunciadas por David Hume. Los empiristas partían del supuesto de que todas nuestras ideas y conocimientos proceden de las impresiones que los estímulos dejan en nuestros sentidos. Este origen sensorial o perceptivo de las ideas requiere una serie de reglas que asocian unos hechos con otros y unas ideas con otras. Como es de esperar, la construcción de las ideas previas se encuentra asociada a explicaciones causales [44] y a la construcción de esquemas relacionales. Estas reglas parecen adquirirse en torno a los 4-5 años y siguen formando parte de la psicología de sentido común que usamos los adolescentes y adultos.

La tendencia: explicar los cambios, no los estados

Una de las reglas de carácter más general, es aquella que informa sobre cuándo debe ponerse en marcha la búsqueda de causas. Estudios realizados en diversas áreas señalan, así como diversos autores (Driver 1988, Driver, Guesne y Tiberghien 1985), que el razonamiento de los niños se centra sobre estados cambiantes más que en estados de equilibrio, es decir, que los alumnos tienden a explicar los cambios, no los estados.

Los alumnos suelen mantener la creencia aristotélica de que el estado o el reposo es el estado "natural" de las cosas, de tal forma que todo movimiento debe ser explicado, y por tanto todo movimiento implica una causa (Driver 1986, Gunstone y Watts 1985, Pozo 1987b). Un ejemplo es que los niños reconocen que actúa una fuerza cuando se observa movimiento, pero es menos probable que consideren la existencia de fuerzas en sistemas en equilibrio estático. Es decir, la idea de que es el cambio lo que requiere explicación

está en la raíz del razonamiento causal de los niños [13].

La asimetría establecida por los alumnos entre los estados que no precisan explicación y los cambios, que deben ser explicados, es común en nuestro pensamiento cotidiano. Podríamos decir que las personas tendemos a no hacer demasiadas indagaciones causales sobre lo que nos parece "normal" o "natural", de ahí que nos resulten tan incómodas esas preguntas tan características de los niños de 4 o 5 años: ¿por qué...?. En otras palabras, solemos poner en marcha nuestras reglas de búsqueda causal preferentemente cuando nos encontramos con un hecho sorprendente e inesperado, con algo nuevo.

El adquirir una actitud científica es en parte aprender a hacerse preguntas sobre el estado de las cosas, sobre lo normal y cotidiano. Ya que difícilmente van a comprender los alumnos lo que se conserva si se fijan sólo en lo que se transforma. Centrarse en los cambios más que en los estados supone a los alumnos una importante limitación para construir algunos de los esquemas esenciales de la comprensión de la ciencia, como son las nociones de conservación y equilibrio.

La dirección causal: secuencia causal lineal

Al dar explicaciones, el razonamiento de los niños tiende a seguir una secuencia causal lineal, es decir, que ellos postulan una causa que produce una cadena de efectos en orden lineal temporal. Este tipo de razonamiento se ha identificado en las ideas de los niños sobre varios fenómenos y se ha sugerido que tiene sus orígenes en esquemas de acción tempranos de los niños pequeños (Anderson, 1985). Una característica de este tipo de razonamiento es la tendencia a pensar en direcciones preferentes más que percibiendo la simetría en las interacciones entre sistemas. Por ejemplo, al considerar una olla de agua sobre un mechero, los niños tienden a pensar en términos direccionales con el mechero como fuente, suministrando calor a un receptor [13].

Para las causas más probables de un hecho

A continuación, algunas reglas que nos informan sobre cuáles son las causas más probables de un hecho.

Primer heurístico: Accesibilidad

De acuerdo con esta regla, dado un efecto tenderemos a atribuirlo a aquella causa que resulte más accesible a nuestra memoria, es decir, que recuperemos

con mayor facilidad, correspondiente al heurístico del mismo nombre enunciado por Tversky y Kahneman (1974).

Se destacan tres factores que influyen en la facilidad de recuperación de una idea, hecho o principio de nuestra memoria.

1. **Idea reciente.** Recuperaremos un dato o una idea cuanto más recientemente lo hayamos procesado o utilizado. Siempre que ello no vaya en contra del resto de las reglas de inferencia. Es decir, le confiere una cierta "contemporaneidad" a las concepciones del alumno, que en algunos casos cobran significado en la realidad social inmediata. No cabe duda de que los medios de comunicación social crean contemporaneidad; independientemente de su probabilidad objetiva, por ejemplo, el SIDA es una enfermedad más probable subjetivamente que la hepatitis.

2. **Causa a la que recurrimos con mayor frecuencia.** Referente a la frecuencia, factor según el cual propondremos más probablemente aquellas causas a las que recurrimos un mayor número de veces, en función de nuestra pericia con un área. La práctica tiene consecuencias sobre las ideas que los alumnos activarán en un contexto concreto.

3. **Información destacada o sobresaliente.** El grado en que esa información es destacada o sobresaliente, y depende especialmente de la forma en que la recibimos y procesamos. Numerosos estudios (Kahneman, Slovic y Tversky 1982, Nisbett y Ross 1980) han mostrado que en las personas adultas la información percibida directamente (por ejemplo, ver un accidente de tráfico o sufrir un atraco) afecta más a la persona que la información más abstracta, codificada conceptualmente (por ejemplo, estadísticas sobre el número de accidentes de tráfico o de atracos), de tal forma que es la información más "vívida" la que se recupera más fácilmente, incrementando la probabilidad subjetiva de que ese fenómeno vuelva a ocurrir, y obviamente se vería incrementado en el caso de los niños y de las personas poco instruidas. Es decir, que las representaciones más abstractas se recuperan más difícilmente que las más concretas en contextos concretos.

En la comprensión de la ciencia por los alumnos se ha destacado repetidamente (Driver, Guesne y Tiberghien 1985, Serrano 1988) que sus concepciones se centran casi exclusivamente en lo observable, que su pensamiento está "dominado por lo perceptible". Así, los gases tienen propiedades cuando están coloreados, pero no cuando no son visibles (Seré 1985). De esta forma, los alumnos parecen partir de una regla, basada en la accesibilidad, que afirmaría

algo así como que "lo que no se percibe, no se concibe". La construcción del conocimiento supondría así una superación progresiva de las apariencias proporcionadas por diferentes formas de representación [45].

Segundo heurístico: Representatividad

Un segundo heurístico, que Tversky y Kahneman (1974) denominan representatividad", recurriendo a la terminología clásica de Hume nos referiremos como regla de semejanza. En nuestros análisis causales tendemos a creer que existe una semejanza básica entre las causas y los efectos, es decir, buscamos causas similares a él en algunos aspectos. Por ejemplo, los que no somos expertos en un área tendemos a explicar (por ejemplo la situación económica de un país por causas económicas) mientras que los expertos admiten una más compleja relación entre causas y efectos de naturaleza diferente (Pozo y Carretero 1989). De manera similar sucede a los alumnos con la ciencia, si en el mundo observable o macroscópico la materia es continua, así será también en el mundo microscópico (Gabel 1987, Nussbaum 1985).

Algunas consecuencias de esta regla:

1. **Tenderemos a atribuir a la realidad desconocida las propiedades de los modelos conocidos o más accesibles.** Dado que nosotros somos la parte que más conocemos del mundo, tenderemos a pensar que el mundo se nos parece. Así, los niños e incluso los adultos (Deval 1975, Lesser y Paynter 1985) tendemos a atribuir propiedades animistas al mundo inanimado por ejemplo cuando los niños aprenden que "las plantas respiran", inmediatamente les atribuyen pulmones y órganos respiratorios (Giordan y de Vechhi 1987).

2. **Tendemos a creer muchas veces que existe una semejanza o correspondencia cuantitativa entre causa y efecto.** Es decir, que tendemos a creer de forma intuitiva, que a grandes efectos grandes causas y viceversa. Un ejemplo es, que ante un recipiente con agua hirviendo (a 100°), los alumnos creen que si incrementamos la intensidad del fuego aumentará en correspondencia la temperatura del agua (Andersson 1986a).

   Esta creencia afecta al razonamiento causal de los alumnos de manera que según la teoría de la atribución causal de Kelley (1967), las personas dispondríamos de esquemas causales simples y múltiples, pero sólo utilizaríamos éstos últimos cuando la intensidad del efecto fuera muy

alta, ya que supondríamos que esa intensidad se debería a la concurrencia de varias causas y no a la acción de una sola. La mayor parte de los autores coinciden en señalar que el razonamiento espontáneo de los alumnos sobre fenómenos científicos se basa en una causalidad lineal y simple.

3. **Tenderemos a creer en la contigüidad espacial entre causa y efecto.** Otra de las reglas habituales en el razonamiento causal cotidiano de los alumnos es la contigüidad espacial entre causa y efecto. La causa debe estar próxima, sino en contacto directo con el efecto (Andersson 1986b). Es decir, que tendemos a buscar las causas cerca o en contacto con los efectos, o, en palabras de Andersson "cuanto más cerca, mayor es el efecto".

4. **Tenderemos a creer en la contigüidad temporal entre causa y efecto.** Muy conectada con lo que acabamos de decir está la regla de contigüidad temporal entre causa y efecto, según la cual no sólo estaríamos próximos en el espacio sino también en el tiempo, hay una tendencia a buscar las causas de los hechos en los fenómenos inmediatamente anteriores a los efectos. Esta tendencia suele ser útil en la causalidad mecánica, pero plantea dificultades cuando los fenómenos que deben explicarse se inscriben en periodos notablemente largos. Por ejemplo, el concepto darwiniano de selección natural requiere, a diferencia de las concepciones lamarquianas, tiempos muy largos para la producción de mutaciones aleatorias ambientalmente seleccionadas, lo cual sería un factor que contribuiría a dificultar la comprensión de las ideas darwinianas.

5. **El uso de la covariación.** Una última regla tiene que ver con el uso que las personas hacemos de la covariación. Aunque en sentido estricto la covariación entre dos hechos por sistemática que sea, no implica una relación causal entre ellos, por ejemplo, el trueno y el rallo no están causalmente relacionados entre sí, sino que ambos son efectos de otra causa común. Las personas, alumnos incluidos, tendemos a atribuir causalidad a los hechos que suceden sistemáticamente juntos. En su forma más simple, una simple coocurrencia entre dos hechos puede bastarnos para establecer una conexión causal entre ellos (Acevedo 1989b, Kuhn, Pennington y Leadbeater 1983, Pozo 1987a).

Según el análisis realizado, las reglas de inferencia causal determinarían en gran medida los contenidos de las ideas de los alumnos, además de condicionar su estructura [45].

1.3.2. Origen cultural

En el origen cultural, Pozo et al (1991) afirma que las ideas surgirían como consecuencia del contacto con el entorno cultural y social del alumnado quien accede a las aulas con un importante bagaje fruto de su entorno y el proceso de socialización. Todas estas creencias originan las concepciones sociales, y en la sociedad actual la abundancia de información científica proveniente de los medios de comunicación y el entorno del alumnado constituyen un bombardeo difícil de interpretar y entender.

1.3.2.1. La utilización del lenguaje

Como parte del origen de las ideas previas gracias a la interacción del alumno con la sociedad en que vive, una de las experiencias cotidianas sin duda inevitables es la utilización del lenguaje. Se ha encontrado que las diferencias de significados entre lenguaje común y lenguaje científico originan, en los alumnos, "disonancias cognoscitivas", en términos de la teoría del aprendizaje de Ausubel. Pero esas diferencias originan otras dificultades para el aprendizaje de las ciencias, ya que mediante el sistema semántico que utilizamos desde la infancia, estructuramos la realidad, hacemos preguntas sobre ellas y buscamos respuestas [29].

Sistemas semánticos

La adquisición de un lenguaje nuevo, en este caso, el lenguaje científico por parte del alumno implica la adquisición no sólo de un nuevo sistema semántico, sino de un nuevo modo de pensar y de ver la realidad. El sistema semántico utilizado determina la clasificación de los datos de la realidad, es decir, "estructuramos la naturaleza según las líneas que traza nuestra lengua natal" (Whorf 1941). He ahí la importancia de la semántica en el aprendizaje de las ciencias, ya que existen errores conceptuales comunes en los alumnos cuya lengua natal es un idioma que presenta, en relación con el castellano, diferencias en la equivalencia semántica de las palabras utilizadas en ciencias.

Lenguaje literal y connotaciones

La comunicación entre dos interlocutores tiene lugar a dos niveles: el de las palabras literales, que se utilizan, y el de los significados connotados que se perciben subjetivamente.

Consideramos que el lenguaje científico (aparentemente objetivo) presenta

connotaciones para el alumno y las connotaciones que en este trabajo nos interesan son aquellas que aparecen en forma de ideas previas erróneas. Por ejemplo, gravitación tiene para casi todos los alumnos, connotaciones de manzana que cae, pero no de atracción entre todos los cuerpos del universo, entre otras. Por este motivo, la escuela lingüística inglesa (Malinowsky 1923, Firth 1951) ha insistido en la solidaridad entre la significación del lenguaje y el contexto situacional. El peso que las connotaciones tienen para el alumno podría ser la causa de la persistencia de las ideas previas erróneas.

Lenguaje y abstracción conceptual

El lenguaje actúa sobre el pensamiento dándole apoyo y refinación. Lenguaje y pensamiento están asociados en una función organizadora de la realidad, ya que mediante el lenguaje y el pensamiento se establecen abstracciones.

Al utilizar el lenguaje científico por ejemplo, si el alumno no logra abstraer el concepto de gravitación, no podrá aprender de forma significativa que la caída de los cuerpos, el movimiento de los planetas y satélites y las mareas son una misma clase de fenómenos. Posiblemente las estrategias de enseñanza que se utilizan no son exitosas a la hora de desarrollar la capacidad abstraccional de nuestros alumnos en relación a los conceptos científicos.

Goldstein afirma que las palabras alcanzan significación en sentido estricto sólo a través de la actitud abstracta; actitud en la cual los hechos se separan de la situación concreta y se perciben en sus características generales [29].

1.3.3. Origen escolar

Además del origen sensorial y cultural, el origen escolar, es una fuente importante de ideas previas. Tanto la existencia de errores provenientes del profesorado, de los materiales o de la propia interpretación del alumnado, como las presentaciones deformadas o simplificadas llevan a una comprensión errónea de ciertos conceptos o principios Independiente de su origen, afirman Pozo et al (1991).

A pesar de la clasificación de los posibles orígenes de las ideas previas, ya sea sensorial, cultural, analógico o escolar, podemos ver que ninguno de los argumentos mencionados da cuenta de la manera en que las personas construyen las ideas previas [13, 3]. Según Peza y Cudmani [41], las ideas previas se construyen sobre la base de criterios, modos de razonar, reglas heurísticas, propósitos y valoraciones, que si bien suelen ser muy efectivas para enfrentar

las exigencias de la vida cotidiana, difieren sustancialmente de la precisión, coherencia, objetividad y sistematicidad del conocimiento científico [47] y actúan como verdaderos obstáculos epistemológicos para la comprensión de ciertos contenidos de las ciencias [2].

1.4. Características de las ideas previas

Algunas de las principales características de las ideas previas son [3, 6, 33]:

1. Se encuentran presentes de manera semejante en diversas edades, género y culturas.

2. Son de carácter implícito, esto es, en la mayoría de los casos las personas no son conscientes de sus ideas y explicaciones.

3. Por lo general, se encuentran indiferenciadas de otros conceptos por lo que presentan confusiones cuando son aplicadas a situaciones específicas.

4. La mayoría son elaboradas a partir de un razonamiento causal directo (el cambio en un efecto es directamente proporcional al cambio en su causa).

5. Las ideas previas en una misma persona pueden ser contradictorias cuando se aplican a contextos diferentes.

6. Son persistentes, es decir, no se modifican fácilmente por medio de la enseñanza tradicional de la ciencia, incluso cuanto la instrucción es reiterada.

7. Guardan cierta semejanza con ideas que se han presentado en la historia de la ciencia.

8. Se originan a partir de las experiencias de las personas con relación a fenómenos cotidianos, a la correspondencia de interpretación con sus pares y a la enseñanza que se ha recibido en la escuela.

9. Interfieren con la instrucción científica.

10. Parecen dotadas de cierta coherencia interna.

Por otro lado, Flores y Gallegos [16] proponen que las ideas previas pueden clasificarse en constrictores; los que regulan la interpretación de los fenómenos, y fenomenológicos; los que establecen las condiciones iniciales y las reglas de relación entre los conceptos.

A pesar de que no existe una clasificación aceptada universalmente, se puede concluir que no todas las ideas previas cumplen con la misma función en relación a la representación e interpretación de los fenómenos naturales y los conceptos científicos [3, 6].

1.5. Factores que hacen que las ideas previas sean tan persistentes

Haswed (1986) considera los siguientes factores que hacen que las ideas previas de los alumnos sean tan persistentes [26].

1. **Factores de tipo psicológico:**

   a) Tendencia a considerar únicamente las pruebas que confirman sus hipótesis en lugar de buscar otras que ayuden a falsearlas.

   b) No verificar sus hipótesis ya que son del tipo hipótesis-postulado, en el sentido que son ciertas en sí mismas.

   c) Desestimar aquellos datos que están en contra de sus hipótesis y sólo tener en cuenta aquellos que están a su favor.

   d) Considerar la anomalía como un caso especial o recordarlo como una excepción a la regla, mientras que se mantiene la concepción antigua intacta. Por otro lado, estos factores de tipo psicológico que dificultan el cambio de ideas previas de los individuos resultan beneficiosos para la estabilidad emocional de los mismos, pues son la base de la seguridad personal y facilitan la toma automática de decisiones.

2. **Factores que se relacionan con la manera en que se desarrollan las clases:**

   a) Desconocimiento de las ideas previas de los alumnos por parte del profesorado, e incluso mantener ideas que se asemejan a las de sus alumnos. Resulta difícil que un profesor que no conozca la existencia de las ideas previas pueda enfocar las actividades de clase necesarias para superarlas.

3. **Factores de tipo social:**

   a) Ciertas ideas culturales que mantienen las sociedades.

   b) El uso del lenguaje cotidiano con su alto grado de ambigüedad.

   c) La existencia de una epistemología del "sentido común".

Todos los factores antes mencionados pueden ayudarnos a comprender cómo es posible que ciertas concepciones permanezcan incólumes en la mente de los individuos a pesar de los años de aprendizaje en los que deberían haber sido superadas.

1.6. Algunas ideas sobre psicología del aprendizaje

En la actualidad, se está de acuerdo en que el conocimiento no es una mera copia de la realidad y que el sujeto juega un papel activo, como generador de su conocimiento [40], de acuerdo con la teoría constructivista de Kelly [38].

Las principales características de la visión constructivista [12, 13] son:

1. **Lo que hay en el cerebro del que va a aprender tiene importancia.** Los resultados del aprendizaje dependen de los conocimientos previos, concepciones y motivaciones de los alumnos. Las ideas previas de los alumnos no sólo influyen en sus interpretaciones de los fenómenos y en las explicaciones que dan a los mismos, sino que determinan la dirección de su observación, focalizan su atención, orientan los experimentos que realizan y condicionan la adquisición de sus conocimientos.

2. **Encontrar sentido supone establecer relaciones.** Los conocimientos que pueden conservarse largo tiempo en la memoria no son hechos aislados, sino aquellos muy bien estructurados e interrelacionados de múltiples formas. Es muy importante la coherencia interna de la materia, la existencia de relaciones y el establecimiento de conexiones entre las diferentes partes de la asignatura. Debemos establecer relaciones entre la estructura axiomática de la materia y los conocimientos del entorno que estén conectados con esa parte de la materia, procurando que no existan dos conjuntos de conocimientos paralelos sino uno con múltiples ramificaciones.

3. **Quien aprende construye activamente significados.** La construcción de significados implica un proceso activo de formulación de hipótesis o realización de ensayos, que son contrastados mediante experiencias sensoriales. Si hay acuerdo decimos que comprendemos; en caso contrario intentamos con nuevas construcciones o abandonamos la situación como "carente de sentido".

   En algunas situaciones, las construcciones ya existentes son utilizadas para encontrar el sentido de las experiencias sin que sean necesarios grandes cambios en la estructura conceptual del sujeto. En otras, el acto de dar sentido a las nuevas experiencias implica un proceso durante el cual las ideas existentes deberán ser utilizadas de una nueva forma. Este proceso de cambio en la organización del conocimiento o reestructuración presenta interés en la enseñanza de la ciencia, dado que es éste el tipo de aprendizaje que sería necesario que se produjera en los alumnos, reorganizando esquemas conceptuales previos.

   Es decir que, la comprensión implica, por parte del que aprende, la existencia de expectativas, debe ser consciente de lo que va a aprender. El aprendizaje es significativo cuando hay acuerdo entre nuestras experiencias y nuestras concepciones.

4. **Los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje.** Los estudiantes han de dirigir su atención hacia la tarea de aprendizaje y hacer uso de sus propios conocimientos para construir ellos mismos el significado en la situación del aprendizaje, incluso cuando tienen una actitud exteriormente pasiva (como cuando leen o escuchan). Por el contrario, lamentablemente muchas situaciones de aprendizaje no estimulan a los alumnos a encontrar el sentido de lo que experimentan, así como lo es la búsqueda de la "respuesta correcta" al problema del libro de texto.

1.7. La identificación de las ideas previas

El método empleado para hacer explícitas las ideas que los alumnos tienen sobre los conceptos antes de recibir enseñanza formal depende inicialmente del concepto que se trate y de los fines que se persiguen al conocer la estructura cognitiva del alumno. El sistema más utilizado cuando se pretende realizar un trabajo de investigación sobre un concepto que ha sido poco estudiado previamente, es el de la entrevista personal, que por cuestiones de

tiempo no podrá llevarse a cabo con un grupo numeroso de estudiantes. En éstas entrevistas, a la manera de las llamadas entrevistas clínicas piagetianas, en las que un entrevistador mantiene una conversación con un alumno con el fin de averiguar la manera en que el mismo entiende ese concepto. Las respuestas del alumno no son valoradas como correctas o incorrectas, sino que el entrevistador procura que sus preguntas permitan al alumno expresar al máximo sus ideas sobre el asunto. Las entrevistas también pueden ser llevadas a cabo analizando algún tipo de fenómeno observado por los alumnos, o mediante el análisis de situaciones que son descritas y propuestas por el entrevistador. Osborne y Gilbert [39] proponen otro sistema, considerado como un caso específico de las entrevistas: "entrevistas sobre ejemplos", en las que se muestran al alumno dibujos que representan situaciones que pueden o no contener ejemplos de los conceptos o relaciones que se estén investigando.

En las pruebas escritas, el procedimiento es muy lento y estas pueden ser de muy diversos tipos, desde las que exigen del alumno el dibujo de diagramas o esquemas, hasta otras que pueden considerarse pruebas objetivas del tipo opción múltiple, o verdadero-falso. Sin embargo, en todos los casos se pide al alumno que explique su respuesta ya que lo que se pretende es conocer el motivo de las mismas y no tanto si son acertadas o erróneas. Por otro lado, Duit [14] utiliza ítems de asociación de palabras, en el que se le pide al alumno que escriba la palabra o palabras que considere están más relacionadas con aquella que se está investigando.

En las situaciones de clase, quizás el método más adecuado es el de Arons [1], llamado "diálogo socrático". En el que el profesor propone alguna situación que debe ser analizada por pequeños grupos de alumnos, este sistema exige una ambiente de confianza para expresar libremente ideas, no temiendo que puedan ser ridiculizadas o ser tenidas en cuenta negativamente por el profesor, aunque sí pueden ser rebatidas por el resto del grupo de alumnos.

El conocimiento por parte del profesor de qué tipo de ideas van a ser expresadas por los alumnos, debe servirle para preparar las actividades a desarrollar en clase, no para sustituir la primera etapa de explicitación de las ideas de los alumnos.

1.8. El cambio conceptual

En las últimas décadas se han postulado diferentes modelos educativos que tienen como propósito fundamental lograr el cambio o transformación de las

ideas previas de los estudiantes en concepciones aceptadas por la comunidad científica. Estos modelos se engloban bajo la denominación de cambio conceptual. La mayoría de los investigadores concuerdan en describir el cambio conceptual como un proceso de aprendizaje donde el estudiante modifica sus concepciones sobre un fenómeno o principio mediante la reestructuración o integración de la nueva información en sus esquemas mentales preexistentes [30].

Posner et al, (1982) elaboraron un modelo de cambio conceptual fundamentado en las nociones de acomodación y de desequilibrio de la teoría de Piaget: en las ideas de Kuhn acerca de las revoluciones científicas; así como en los postulados del "Programa de Investigación" de Lakatos con su noción de núcleo central. En su modelo, Posner establece que existe paralelismo entre el desarrollo conceptual de un individuo y la evolución histórica de los conceptos científicos, y que el cambio se produce por la presencia de conflictos cognitivos. En este modelo, se necesitan cuatro condiciones para que se produzca el cambio conceptual:

1. La nueva concepción debe ser potencialmente fructífera. Es decir, debe resolver problemas actuales o responder preguntas a las nuevas situaciones.

2. Debe existir una insatisfacción con las concepciones existentes. Sí las ideas y conocimientos que posee el individuo son satisfactorias para la comprensión de un determinado fenómeno, es poco probable que acepte una nueva concepción.

3. El estudiante debe ser capaz de entender lo que significa la misma. Es decir la nueva concepción debe ser inteligible.

4. Finalmente, la nueva concepción debe ser consistente con el conocimiento existente aunque inicialmente contradiga las ideas previas del alumno.

Es decir, la enseñanza y aprendizaje bajo este modelo exige que los docentes en su planificación metodológica deban tomar en cuenta tanto las ideas previas de los alumnos como las estrategias instruccionales que favorezcan la creación de conflictos entre las ideas previas y las nuevas ideas científicas.

Con base en la similitud entre el proceso de cambio de una teoría científica por otra, tal como ha sido interpretado por autores como Kuhn y Lakatos, y el proceso de cambio de las ideas de los alumnos por ideas científicas,

trabajos como los de Hewson (1981)[55] indican las condiciones que se deben cumplir para hacer posible el cambio conceptual. En primer lugar, el alumno ha de verse insatisfecho con sus ideas previas y es necesario que encuentre contradicciones en ellas o que vea que no le sirven para resolver algunos problemas. Una vez que el alumno tenga conciencia de la insuficiencia de sus ideas se debe presentar una nueva concepción que las sustituya. Este nuevo esquema debe cumplir los siguientes requisitos:

1. Una idea nueva tiene que ser inteligible. Ésta es una condición necesaria aunque no suficiente que a su vez debe cumplir dos requisitos:

   a) Conocer y comprender los términos, símbolos y modo de expresión (verbal, matemático, gráfico) utilizados, y

   b) La información debe estar estructurada de una manera coherente.

2. Una nueva idea ha de ser verosímil. Este requisito es muy difícil de cumplir cuando la nueva idea aparece como contraintuitiva, siendo un obstáculo serio para el aprendizaje. Será necesario tiempo suficiente de reflexión sobre ejemplos y contraejemplos hasta que el alumno la encuentra verosímil.

3. Una nueva debe ser útil. Debe servir para resolver las anomalías encontradas y ampliar el campo de conocimientos del alumno.

En resumen, el proceso de cambio conceptual supone una reestructuración cognitiva en la mente del alumno que lo consigue.

1.9. Estrategias instruccionales

La aplicación del modelo de cambio conceptual involucra descubrir las preconcepciones de los estudiantes acerca un tópico o fenómeno y usar diferentes estrategias instruccionales para ayudar a modificar su estructura cognoscitiva, y por ende la transformación de sus preconcepciones [30].

En la literatura de Didáctica de las Ciencias Naturales, la expresión "enseñanza por cambio conceptual" se refiere a la aplicación de estrategias instruccionales que:

1. Tomen en cuenta el conocimiento previo y experiencias del estudiante.

2. Identifiquen preconcepciones comunes.

3. Orienten la planificación de actividades más adecuadas para el entendimiento de los conceptos en ciencia.

4. Estimulen al estudiante a modificar o crear una estructura cognitiva para el nuevo conocimiento modificado o construido.

Soussan (1982) por su parte, sugiere un enfoque de estrategia instruccional basado en el modelo de cambio conceptual de Posner, que consta de los siguientes momentos de aprendizaje:

1. Acercamiento.

2. Expresión de las ideas previas.

3. Búsqueda.

4. Movilización.

5. Estructuración.

6. Refuerzo.

7. Transferencia.

En conjunto, estos momentos sirven de lineamientos generales de tal modo que el docente planifique sus estrategias instruccionales dirigidas al logro de cambios conceptuales en las preconcepciones de los alumnos.

1.9.1. Errores postinstruccionales

Autores como Helm [56] han señalado que las mismas actividades escolares pueden ser origen de desajustes con el pensamiento científico. Como ejemplo, en los libros de texto se encuentran con relativa frecuencia errores conceptuales y los profesores que han de impartir esas enseñanzas mantienen en muchos casos las mismas, o muy parecidas ideas a las que manifiestan los propios alumnos.

Como se ha mencionado, otras investigaciones como las de Jasien y Oberem (2002) han mostrado que no solamente los estudiantes sino que docentes en ejercicio, así como futuros docentes estudiantes de carreras universitarias también tienen ideas previas en contenidos de ciencia como Biología, Química y Física. Los hallazgos de estas investigaciones sugieren la preocupación de que sí estos futuros docentes tienen ideas previas sobre contenidos de la ciencia, entonces habrá la posibilidad de que transmitiesen las mismas ideas

erróneas a sus futuros alumnos en la actividades de aula. Basado en lo anterior, se planteó la necesidad de indagar sobre la efectividad de estrategias instruccionales que contribuyan a modificar las ideas previas en estudiantes universitarios de carreras docentes [30].

Es evidente que no todos los errores postinstruccionales pueden considerarse como ideas previas. Aquellos provocados por errores en los libros de texto o por conocimiento inadecuado del profesor, pueden evitarse no utilizando ese libro de texto y mejorando la formación del profesor, el problema puede ser la no conciencia de esos errores.

Hay también otros errores que se manifiestan después del aprendizaje, que no pueden considerarse consecuencia directa de las ideas previas, y que surgen debido a la dificultad intrínseca del concepto y a una enseñanza no demasiado cuidadosa del mismo.

1.10. Las ideas previas tras el proceso enseñanza-aprendizaje

Las ideas previas afectan el proceso de aprendizaje, y su interacción con la enseñanza formal puede dar como resultado una de las siguientes situaciones:

1. **Las ideas previas de los alumnos quedan inalteradas.** Es posible que incorporen algún lenguaje de la ciencia y que lo puedan utilizar para explicar su punto de vista, pero éste permanece sustancialmente inalterado. En este caso, si se da algún aprendizaje lo podemos calificar como de memorización mecánica.

2. **Un proceso de captura conceptual.** Hewson [55] describe así aquella situación en la que la nueva idea es reconciliada con las ideas precedentes y se incorpora a la estructura cognitiva pero sin modificar aquellas concepciones con las que está en contradicción. Con frecuencia, el alumno no considera conveniente cambiar su esquema conceptual, pero tiene la necesidad de incorporar el concepto que se le suministra en clase, con motivo de exámenes o controles. En este caso, aunque el alumno puede, en ocasiones, utilizar el punto de vista formal de la ciencia, no lo utilizará en las situaciones cotidianas para explicarse el mundo, y este conocimiento queda archivado, sin aplicación y con fácil olvido, ya que no tiene anclaje en su estructura cognitiva.

3. **El punto de vista del alumno sale reforzado.** Se malinterpreta lo aprendido de tal manera que se refuerzan los puntos de vista del alumno.

4. **Se da un proceso de cambio conceptual.** Las nuevas ideas son aceptadas por el alumno y sustituyen a sus ideas previas sobre la cuestión que se esté estudiando. En realidad, podemos decir que es la única situación que verdaderamente supone un aprendizaje significativo. Debe ser pues el resultado deseado y que el profesor procurará obtener en el mayor número de ocasiones posibles.

1.11. Diferencias entre ideas previas y conceptos científicos

Restringiéndonos a la interpretación de los fenómenos naturales, todas las personas interpretan esos fenómenos generando una estructura de conocimientos previa, o al margen, de la enseñanza formal recibida en las escuelas. Debido a que la mayor parte de las actuaciones diarias se basan en análisis simples, generalmente de solo algunos aspectos de la cuestión, las maneras de analizar los fenómenos propios del pensamiento natural difieren considerablemente de las características que tiene el modo de pensar científico. Las diferencias podemos sintetizarlas de la forma siguiente [57]:

1. *La ciencia comprende conceptos que no poseen rasgos directamente observables, átomos, campos eléctricos, etc. y concepciones que no tienen realidad física tangible, por ejemplo, energía potencial.* Tales concepciones están fuera de la experiencia de los niños y por lo tanto, no forman parte de su estructura cognitiva antes de acceder a la enseñanza.

2. *La relación entre las teorías y los fenómenos observables cotidianamente sólo es posible a través de razonamientos complejos.* Mientras que los científicos se preocupan por la coherencia de las teorías, los niños están preocupados por explicaciones simples para las cosas que ocurren en su mundo familiar y no les preocupa si dos teorías, cada una de las cuales explica una situación diferente, son mutuamente inconsistentes.

3. *En el lenguaje científico las palabras tienen significados precisos y las magnitudes están definidas sin ambigüedad.* Los niños no aprecian la necesidad de esta precisión en el lenguaje. Desafortunadamente, muchas de las palabras que se utilizan en ciencia tienen varios significados en la

vida diaria, diferentes a su uso científico, por ejemplo trabajo, fuerza, rozamiento, energía, etc.

A pesar de que existen diversas posiciones o teorías sobre cuáles son las diferencias entre el conocimiento cotidiano y el científico (Chi, 1992 o Vosniadou, 1994). Se puede encontrar que las diferencias entre teorías intuitivas y científicas se centran en torno a tres principios o supuestos: epistemológicos, ontológicos y conceptuales. En consecuencia, comprender la ciencia requiere un cambio en la naturaleza del conocimiento y los procesos mediante los que se adquiere y modifica ese conocimiento [23].

Centrados en las diferencias entre ideas previas y el conocimiento científico, estudios apuntan que no se distinguen necesariamente por su contenido, sino por su epistemología constructiva, por el tipo de escenario sociocultural en el que se construyen y por sus procesos de construcción [48].

Pozo y Gómez [37] mencionan que una diferencia fundamental entre las ideas previas y los conceptos científicos es su estructura, la cual se puede analizar en relación a varios aspectos [23]:

1. **Causalidad lineal vs. la interacción de sistemas.** En las ideas previas la relación causa-efecto es lineal, mientras que en los conceptos científicos se encuentra una causalidad compleja en la que se hace evidente la interacción entre sistemas.

2. **Cambio y transformación vs. conservación y equilibrio.** Las ideas previas tienden a centrarse en el cambio más que en los estados, es decir, las personas suelen poner más atención en lo que se transforma, ignorando lo que se conserva. Sin embargo, la mayor parte de los conceptos científicos implican una conservación. Uno de los logros más sustantivos del conocimiento científico es el de comprender la naturaleza como un sistema en equilibrio.

3. **Relaciones cualitativas vs. esquemas de cuantificación.** En la vida cotidiana, tendemos a establecer relaciones cualitativas entre los hechos que escasamente somos capaces de cuantificar, sin embargo, la ciencia se caracteriza por el uso de operaciones cuantitativas precisas que determinan no sólo si existe una relación entre los hechos sino también en qué cantidad existe. En cambio los conceptos científicos implican proporción ya que suponen relaciones entre conceptos y probabilidad debido a que numerosas concepciones científicas llevan implícita la noción de “azar” y la correlación supone el análisis de datos estadísticos que permiten leer el comportamiento de las variables bajo análisis.

1.12. Dificultades en la enseñanza de la Física

La dificultad aparente de esta ciencia se ve reflejada en varios estudios que indican que los alumnos salen de los cursos de Física en condiciones muy similares a las que tenían cuando llegaron [8, 31]. En el sentido que en sus cursos aprueban la evaluación, pero en el peor de los casos no son capaces de aplicar tales conocimientos más allá del curso.

El hecho de haber aprobado cursos de Física o el de haber obtenido un título universitario en el área no son una garantía de que se tiene una apropiada comprensión y manejo de principios y conceptos fundamentales de la Física [8, 35].

La investigación en Física educativa puede mostrar que las principales dificultades en la enseñanza de esta ciencia son:

1. Lo abstracto del material empleado en la enseñanza [8, 31, 46, 7, 53, 32].

2. El grado de precisión lógica y tipos de razonamiento que necesitan los estudiantes para resolver los problemas [8, 17, 20, 34, 47].

3. La falta de habilidades matemáticas en los alumnos [8, 53].

4. Que los estudiantes poseen ideas previas que interfieren con el aprendizaje de los conceptos científicos y de los principios básicos de la física [8, 53, 47, 4, 21, 43, 51, 52].

La falta de comprensión no sólo se explica por falta de información del alumno como consecuencia de un estudio insuficiente, ya que esos errores se presentan incluso en alumnos que podemos considerar brillantes desde un punto de vista académico [42].

A pesar de que los alumnos que reciben instrucción para el aprendizaje llevan cierta ventaja de aquellos que solamente reciben la enseñanza tradicional. Al analizar detalladamente las respuestas correctas de los alumnos (usando entrevistas) se muestra que un porcentaje de ellos siguen teniendo conceptos erróneos o inconsistentes [31]. Incluso existe evidencia de una grave y general incomprensión de los conceptos más fundamentales que se enseñan de manera reiterada.

1.13. Ideas previas en la enseñanza de la Física

Las ideas previas no son algo accidental o coyuntural sino que tienen una naturaleza estructural sistemática que es el resultado de un sistema cognitivo que pretende dar un sentido al mundo definido no sólo por las relaciones sociales y culturales que se establecen en torno a esos objetos [37].

El problema con las ideas previas es que suelen interferir con la comprensión de principios básicos de la Física que requieren de un razonamiento que cuestione la lógica natural derivada de la percepción [43, 37]. Lo relevante de estos "errores" es que no se deben a simples olvidos o a equivocaciones momentáneas, sino que se expresan como ideas muy seguras y persistentes. Además, dichas ideas afectan de manera similar a alumnos de distintos países y niveles educativos [18, 26].

Es interesante encontrar que los conceptos erróneos más comunes que tienen las personas son muy similares a los que tenían los intelectuales en los tiempos pre-Aristotelianos [17] o pre-Galileanos [4], aunque con una lógica menos elaborada y consistente.

Investigaciones ([22, 24]) muestran que no solamente los estudiantes sino que docentes en ejercicio, así como futuros docentes estudiantes de carreras universitarias, también tienen ideas previas en contenidos de ciencia como Biología, Química y Física. Además, que los profesores que conocen las ideas previas de sus alumnos mejoran el aprendizaje de estos [28]. Es por ello que diversos autores establecen que es necesario que el docente conozca las ideas que tienen los estudiantes sobre un tema en particular ya que estas influirán en el aprendizaje, como lo afirmó Ausubel (2002) en su famosa frase "Si tuviera que reducir toda la psicología educativa a un solo principio enunciaría este: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente" [30].

1.14. Persistencia de las ideas previas en Física

Investigaciones acerca de las ideas previas muestran la dificultad para cambiar el punto de vista de los alumnos por otro más acorde con el punto de vista científico. La persistencia de tales ideas es mayor en aquellos temas que

están relacionados con hechos y fenómenos que los alumnos observan con frecuencia, que aquellas otras que están influidas por el uso diferente que del lenguaje se hace en la vida cotidiana y en la ciencia, por ejemplo, el significado de palabras como trabajo o energía, como consecuencia de sus numerosas interacciones con el medio ambiente [26].

Existen diferencias importantes en la dificultad que presenta cambiar las ideas previas, por ejemplo, la persistencia de éstas es mayor en la mecánica que en la química. Los años de escolarización dejan prácticamente intactas las ideas previas sobre mecánica mientras que cambian apreciablemente las de química. Más aún, los alumnos de cursos superiores tienen mayor seguridad en las respuestas erróneas en las preguntas de mecánica que los alumnos de menor edad, quizá como fruto de que las han usado durante más tiempo siéndoles útiles en el campo que las han aplicado [5].

Capítulo 2

Estado del arte

2.1. Dificultades conceptuales para la presión

Estudio realizado muestra la dificultad de los alumnos a la hora de enfrentarse con problemas verbales relacionados con el concepto de presión [54]. Dicho estudio pretende que los alumnos sean capaces de definir los conceptos fuerza y presión correctamente, diferenciarlos, establecer la vinculación entre fuerza, superficie y presión, para finalmente crear una base de conocimientos que permita abordar conceptos asociados como el de presión atmosférica, presión hidrostática, presión en el interior de un fluido, etc. Para esto, se plantean situaciones en las que el alumno debe comparar y justificar lo que ocurre con las huellas que dejan dos personas con pesos y calzado diferentes.

Al analizar las respuestas, se encuentra principalmente que los alumnos tienen dificultad en la interpretación de las situaciones, poca claridad en sus respuestas, reflejan dificultades conceptuales, uso del concepto presión en la respuesta, tienden a mezclar conceptos fuerza y superficie. Los resultados del estudio apuntan a que las dificultades conceptuales más frecuentes son: el alumno confunde los conceptos (fuerza y presión, fuerza y velocidad, peso y empuje), no puede diferenciar o no es capaz de establecer la diferencia entre fuerza y presión, no vinculación de la presión con la fuerza y no vinculación de la presión con la superficie, la creencia de que la posición del cuerpo (o superficie sobre la que se apoya) hace variar el peso y la dificultad de asociar el concepto presión a ejemplos cotidianos. Finalmente, y a modo de conclusión, los principales obstáculos para el aprendizaje del concepto de presión que se encuentran son:

1. Asociar el concepto a las consecuencias. La acción de una fuerza y una presión puede parecer que ocasionan los mismos efectos: inducir al

movimiento, deformar un cuerpo, etc.

2. Falta de base por malas prácticas docentes y por materiales didácticos confusos.

3. Poco trabajo experimental en las aulas.

2.2. El uso del término presión en el lenguaje común

Estudio realizado con una muestra de 77 estudiantes de 5° año de enseñanza secundaria, con orientación biológica, procedentes de 14 centros de enseñanza diferentes, investiga el uso de los términos "presión" y "fuerza" en estudiantes [29]. Al aplicar una encuesta se encontró que en el lenguaje común se utilizan indistintamente ambos términos, es decir, sin línea divisoria. Además, sólo el 6 % de los encuestados definieron explícitamente el concepto de presión como cociente entre fuerza y superficie, el 35 % expresaron de forma más o menos explícita que al ejercer presión se hacía una fuerza sobre cierta superficie, el 56 % utilizaron la palabra presión como sinónimo de fuerza, sin mencionar superficie alguna.

Resulta elocuente además que, incluso acerca de la utilización metafórica de la palabra presión en el lenguaje popular (estar sometido a una gran presión en la oficina ...), el 32 % de los encuestados usaron como sinónimos de presión: tensión, estrés, carga, sobrecarga, esfuerzo, coacción, es decir, términos correspondientes a fuerza.

Por otro lado, al considerar un ejemplo con dos probetas de diferente diámetro, con agua hasta la misma altura, se espera por su frecuencia, que los alumnos opten por que la presión sobre el fondo sea mayor en la probeta de mayor diámetro. En los resultados se encuentra que la mayoría relativa de los estudiantes (40 %) opinaron de la forma esperada.

Como comentario final a este estudio, se piensa que no es posible creer que la palabra «intuitivo» explique exactamente el carácter de esta ni de otras ideas previas erróneas. Dado que en el lenguaje popular los términos presión y fuerza se utilizan indistintamente, los alumnos están contestando que la fuerza (peso) de toda el agua allí contenida será mayor en la probeta de mayor diámetro. Precisamente, los encuestados que así justificaron su respuesta

habían utilizado la palabra presión como sinónimo de fuerza en la primera parte de la encuesta.

Capítulo 3

Demostración de la presión atmosférica: "el huevo que entra en la botella" en la literatura e internet

A continuación se muestra una pequeña parte del panorama que ofrece la literatura (en libros de texto, artículos de divulgación científica e internet) en torno al experimento "huevo que entra en la botella", como uno de los experimentos de apoyo en clase para la demostración de la presión atmosférica.

3.1. Descripción del experimento

En este estudio se trabaja con el experimento comúnmente conocido como: "huevo que entra en la botella". Los materiales que se necesitan para llevar a cabo el experimento son: una botella con el cuello un poco más pequeño que el tamaño del huevo, un par de cerillos y un huevo cocido. El experimento consiste en colocar dentro de la botella los cerillos encendidos e inmediatamente colocar el huevo cocido en la boca de la botella. A grandes rasgos, se observa cómo la llama se apaga y poco a poco el huevo comienza a entrar a la botella (Figura 3.1). Es un experimento muy interesante que demuestra la existencia de la presión atmosférica.

3.2. Las variantes

Es posible encontrar variantes de éste experimento, comenzando por el nombre que diversos autores le asignan para identificarlo: huevo escurridizo, ex-

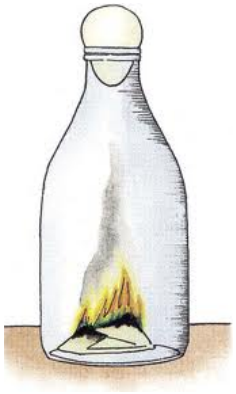


Figura 3.1: Visualización del experimento

perimento del rompe-vejigas, botella tragona, entre otros. Pasando indudablemente por variantes en los materiales; como que en lugar de usar un huevo cocido ocupan un globo con agua, o en lugar de usar cerillos utilizan tiras de papel, velitas de cumpleaños, agua caliente o una secadora de cabello. De igual forma una botella de plástico que una de vidrio, con cuello largo o corto.

La manera en que se provoca la diferencia de presiones también puede variar, generalmente es dependiente de los materiales que se utilizan. En términos de la explicación al fenómeno, también se encuentran diferencias entre una y otra fuente, explicaciones que no siempre se corresponden con la explicación aceptada por la comunidad científica. Las explicaciones erróneas más comunes oscilan entre "la creación de un vacío", y otros detalles incorrectos como "la necesidad de oxígeno". A pesar de todas estas variantes, observamos el mismo efecto, demostración de la presión atmosférica al entrar un huevo en la botella.

3.3. El experimento en la literatura

El experimento antes descrito no es el único en su tipo para la demostración de la presión atmosférica, sin embargo es muy conocido y utilizado como material de apoyo, en principio porque los materiales que se utilizan son fáciles de conseguir, el experimento es impresionante, y además porque es accesible al público ya que se encuentra presente en muchos libros de texto, libros de experimentos, artículos de divulgación científica, páginas web y vídeos en internet. A continuación, se citan algunas referencias en las que se puede encontrar el experimento y el tratamiento que se le da en cada fuente.

3.3.1. En libros de texto

Cada libro de texto que incluye el experimento antes mencionado lo aborda de forma particular, de acuerdo al enfoque del autor, a la finalidad del tema o del papel que juega dicho experimento. A continuación se mencionan algunos libros de texto que incorporan el experimento "el huevo que entra en la botella".

Título del libro: El círculo de la comunicación
Autor: Federico Varona Madrid
Editorial: Netbiblio
Año: 2005
Páginas: 131
Página 59

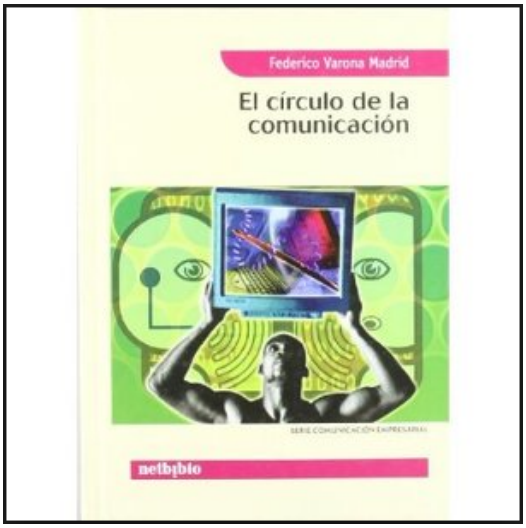


Figura 3.2: El círculo de la comunicación

Abordaje y tratamiento del experimento:

En el capítulo 2: Teoría apreciativa y comunicación empresarial. "Todavía es posible soñar". El autor inicia el capítulo citando una escena de la película Ana and the King (1999), que en palabras del autor le impresionó muchísimo. Ana, la maestra inglesa que ha venido a educar a los hijos del rey de Siam explica el concepto de vacío a los niños, pero para esto, realiza el experimento de cómo pasar un huevo duro pelado por el cuello de una botella (enciende

una tira de papel, la deja caer a una botella y coloca el huevo en posición vertical sobre el cuello de la botella). En tanto lleva a cabo el procedimiento refuerza los conocimientos de los niños diciendo: "Todos sabemos que este huevo jamás entrará en esta botella. Es un hecho, es la verdad. Confiamos en la verdad para hacer juicios. Pero, ¿qué pasa si nuestro juicio está equivocado incluso cuando creemos que es correcto?, ¿confiamos en nuestros ojos o creemos en lo imposible?". Al tiempo que el huevo se introduce por el cuello de la botella les dice: "ven, una forma de lograr lo imposible es cambiar el clima". En adelante, el autor reflexiona y relaciona la metáfora encerrada en el experimento del huevo que entra en la botella con una teoría, la teoría apreciativa, teoría que cree que el cambio es posible, ofrece un modo práctico de lograrlo, y lo hace precisamente cambiando el clima.

Título del libro: Recreaciones científicas o la física y la química sin aparatos ni laboratorio y solo por los juegos de la infancia
Autor: Gaston Tissaudier
Editorial: Maxtor
Año: 2010
Páginas: 372
Página 40

Figura 3.3: Recreaciones científicas o la física y la química sin aparatos ni laboratorio y solo por los juegos de la infancia

Abordaje y tratamiento del experimento:

En el capítulo II: La física sin aparatos; subtema: La presión del aire, caída de los cuerpos, las fuerzas y la inercia. Concretamente para el tema de la presión atmosférica o del aire, se tienen varios experimentos sencillos pero interesantes para la demostración del concepto. Entre ellos se encuentra el experimento que nos interesa, pero en este libro es llamado "experimento del rompe-vejigas". A manera de relato breve, se da la lista de materiales que se van a necesitar (huevo duro, botella de vidrio con cuello ancho y corto), el procedimiento para lograr que un huevo entre en la botella (se enciende un papel que se deja arder durante algunos instantes dentro de la botella llena de aire y en seguida se la tapa herméticamente con un huevo bien cocido y sin cáscara), y la explicación que se proporciona es la siguiente: "como la combustión del papel consume una gran parte del aire existente en el interior de la botella, resulta allí un vacío, y el huevo duro que la tapa se verá forzado, por efecto de la presión atmosférica exterior, a introducirse en la botella". El autor también describe cómo el huevo se va deformando e introduciendo poco a poco a la botella, hasta que logra entrar por completo, haciendo un ruido tan fuerte como un estampido. Concluye asegurando que es increíble cómo pueden demostrarse los efectos de la presión atmosférica a muy bajo costo. La siguiente imagen (Figura 3.4) se incluye en el tratamiento del tema.

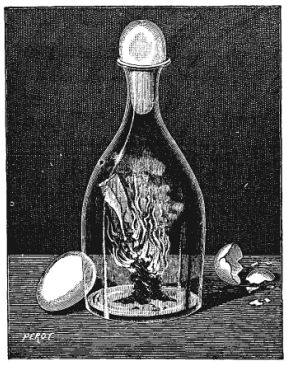


Figura 3.4: Experimento del rompe vejigas

Título del libro: El libro de las chicas audaces
Autor: Emma Wonder
Editorial: Vergara y Riba
Año: 2013
Páginas: 168
Página 128

Figura 3.5: El libro de las chicas audaces

Abordaje y tratamiento del experimento:

En este libro de experimentos sencillos e impresionantes, se presenta el experimento del huevo que entra en una botella, con el título: "huevo escurridizo". El autor inicia asegurando que dicho experimento parecerá más un truco de magia que un experimento que violenta las leyes de la física. Posteriormente da la lista de materiales a utilizar: huevo duro sin cáscara, botella de vidrio cuya boca sea un poco más chica que el huevo, un trozo de papel periódico y fósforos. Y por último el procedimiento: enciende el papel, échalo dentro de la botella y coloca el huevo duro sobre la boca de la botella. El abordaje del experimento no proporciona una explicación del fenómeno pero sí una imagen representativa del mismo (Figura 3.6).

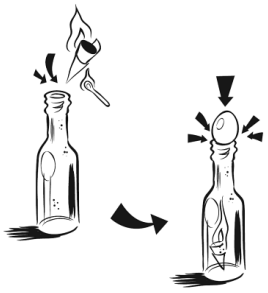


Figura 3.6: El huevo escurridizo

Título del libro: SONORA Educación ecológica y ambiental
Autor:
Editorial: Limusa
Año: 2002
Páginas: 185
Página 26

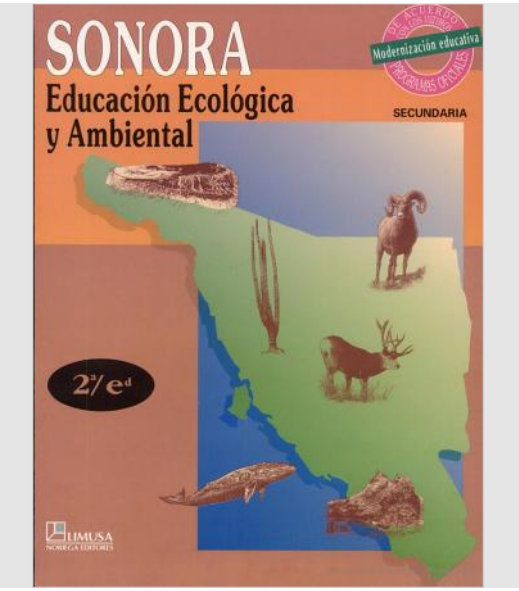


Figura 3.7: SONORA Educación ecológica y ambiental

Abordaje y tratamiento del experimento:

En el presente libro de texto de educación secundaria, correspondiente a la Unidad 1. Ecología, su importancia para la conservación del medio ambiente, al abordar el subtema: La atmósfera, se presenta el experimento del huevo que entra en una botella bajo el título "la presión atmosférica y el huevo cocido". Se da la lista de materiales para llevar a cabo el experimento: algodón empapado en alcohol, cerillos, huevo cocido sin cáscara y botella de vidrio de cuello estrecho. Las indicaciones para el desarrollo del experimento: colocar el algodón con alcohol dentro de la botella, introducir un cerillo encendido dentro de la botella, espera tres segundos y tapar la botella con el huevo cocido en posición vertical, observar y registrar conclusiones. Y finalmente una breve explicación: "la cantidad de aire contenido en la botella disminuye por la combustión y la presión atmosférica que ejerce sobre el huevo lo hace

penetrar en la botella". Como ilustración para el desarrollo del experimento, la imagen que sigue (Figura 3.8).

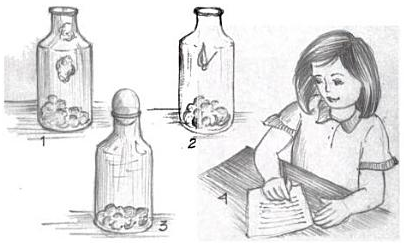


Figura 3.8: La presión atmosférica y el huevo cocido

Título del libro: ¿Por qué los gallos cantan al amanecer?
Autor: Joseph A. Schwarcz
Editorial: MA NON TROPPO
Año: 2007
Páginas: 208
Página 131

Figura 3.9: ¿Por qué los gallos cantan al amanecer?

Abordaje y tratamiento del experimento:

La pregunta número 108 de éste libro con preguntas extrañas e intrigantes se puede leer: "¿Cómo se consigue meter un huevo duro sin cáscara dentro

de una botella cuyo cuello es más estrecho que el diámetro del huevo?". A manera de relato breve, se indica el procedimiento para lograr meter el huevo duro dentro de la botella: "arroja una cerilla encendida dentro de la botella, espera unos segundos y pon el huevo en el cuello. La botella lo succionará hacia adentro!". También proporciona una explicación: "el calor de la cerilla hace que el aire de la botella se expanda y saque parte del aire. Cuando el aire del interior se enfría, se genera un efecto de succión porque hay menos aire dentro de la botella. La presión del aire de fuera de la botella es mayor que en el interior, por eso el huevo es literalmente presionado hacia adentro". El libro ofrece una opción para sacar el huevo de adentro: "tenemos que darle la vuelta a la botella, para que el huevo se coloque en el cuello y luego soplar con fuerza hacia dentro. En este caso, la presión interior aumenta y el huevo intentará salir". Finalmente, se comenta que existen algunos conceptos erróneos acerca de la succión parcial necesaria para conseguir llevar a cabo el experimento, ya que equivocadamente se cree que es gracias a que el oxígeno se consume por la cerilla encendida. Sin embargo en opinión del autor, el oxígeno se consume pero se sustituye por los productos de la combustión: el dióxido de carbono y el vapor de agua, y que es el enfriamiento de los gases calientes lo que reduce la presión.

3.3.2. En artículos de divulgación científica

De igual forma en artículos de divulgación científica se puede encontrar el experimento.

Título: Maleta de experimentos para la enseñanza de las ciencias naturales en el nivel inicial.
Autores: Sabrina Carla Santos Salas y Marlene Castro.
Universidad de los Andes, Facultad de Humanidades y Educación, Escuela de Educación, Departamento de Preescolar.
Mérida 2007
Página No. 90.
Enlace en la red: *http : //tesis.ula.ve/pregrado/tde_arquivos*/3/TDE-2008-10-16T15:16:28Z-379/*Publico/santossabrina.pdf*

Abordaje y tratamiento del experimento:

En el apartado: Química, Actividad No. 6: "El misterio del huevo en la botella". El objetivo específico de esta actividad es demostrar que el aire se expande y se contrae. Para ello, comienza citando los materiales necesarios para el experimento: 1 botella de vidrio, 1 huevo cocido, 1 tira de papel, 1 ca-

ja de fósforos. Después el procedimiento: tomar el huevo cocido y sin cáscara, encender una tira de papel y arrojarla al interior de la botella, inmediatamente colocar el huevo en la boca de la botella. Otras indicaciones: observar y responder a las siguientes preguntas: ¿qué sucede?, ¿qué pasa cuando el fuego se extingue?, ¿cómo hace el huevo para introducirse dentro de la botella?, ¿qué tiene que ver el fuego en este experimento?, ¿había aire dentro de la botella antes de colocar el huevo en la boca de la misma?, ¿qué pasa con el aire cuando el huevo cae dentro de la botella? La actividad no proporciona ilustración del experimento y tampoco una explicación.

Título: Contra las interpretaciones simplistas de los resultados de los experimentos realizados en el aula
Autores: Lucas, A.M, Gayoso, G.R
Science Education Unit, Centre for Educational Studies, King's College London, University of London.
Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentales, Escola Universitaria do Profesorado de EXB
Enseñanza de las Ciencias, 1989
Enlace en la red: *http* : *//ddd.uab.cat/pub/edlc/*02124521*v*8*n*1*p*11.*pdf*

Abordaje y tratamiento del experimento:

El presente artículo resume la experiencia llevada a cabo en la Escuela Universitaria del Profesorado de EGB de Santiago de Compostela, referente a un taller dirigido por el profesor A. Lucas, al que han asistido profesores del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. En el taller, se realizan actividades sencillas y de utilización frecuente en el aula, para introducir conceptos fundamentales en la Enseñanza de las Ciencias como difusión de gases, transporte del agua en las plantas, formación de precipitados, etc. Actividades que se centran principalmente en el entendimiento de la evidencia científica.

En el apartado No. 6: "Un truco que nos hace pensar". Se introduce al experimento con la lista de materiales (un huevo duro sin cáscara, una botella con el cuello de unos 4 cm, papel y cerillas). En seguida, el procedimiento: el huevo se coloca en la parte superior de la botella, al introducir un papel ardiendo dentro de la misma, el huevo cae dentro. Se cita la explicación más frecuente que dan los alumnos: "El huevo entra en la botella porque en la combustión del papel se consume el oxígeno produciéndose entonces una descompresión". El autor finaliza con el siguiente comentario: "en esta interpretación no se tiene en cuenta la formación de CO, y H2O en la combustión. Si estamos

atentos un instante antes de que el huevo caiga, observaremos que rebota un poco antes de caer. Si sacamos el huevo de la botella soplando estaremos dando una pista que ayudará a llegar a la interpretación válida (el aire se expande y sale al calentarse; una vez que se apaga el papel, el aire que queda en la botella se enfría y se comprime provocando la succión del huevo, por las diferencias de presiones)".

Título: Revista digital ciencia y didáctica. Revista No. 7
Autor: Arroyo Escobar, María Virginia
Editorial Enfoques Educativos, S. L.
1 de febrero de 2009 Página No. 31
Enlace en la red: *http : //enfoqueseducativos.es/ciencia/ciencia_7.pdf*

Abordaje y tratamiento del experimento:

Como parte del capítulo: Jugamos con la ciencia y aprendemos, Subtema 2: Talleres sobre la presión atmosférica. En este taller se pretende realizar actividades relacionadas con la presión, para una mejor comprensión de la misma. Se presenta el experimento: "la botella tragona". Los objetivos de la actividad son: mostrar un experimento con los cambios de presión, despertar el interés de los alumnos por la explicación de fenómenos relacionados con la presión mediante experiencias sencillas. La introducción se lee de la siguiente manera: se introduce un huevo dentro de una botella produciendo un cambio de presión en el interior de la misma. Materiales: matraz, estufa, mechero o cerillas. Productos: agua, huevo. Realización práctica: 1. Se calienta el matraz con un poco de agua, 2. Se coloca el huevo en la boca del matraz y se deja enfriar, 3. El estudiante debe anotar sus observaciones y tratar de explicar por qué se mete el huevo cocido, 4. Para sacar el huevo hay que aumentar la presión soplando por la boca del matraz. La explicación es:

"Inicialmente en el exterior del matraz la presión del aire empuja hacia adentro mientras que en el interior la presión del aire empuja hacia fuera. Al calentar el agua del matraz se produce vapor de agua que ocupa mucho más espacio que el agua desplazando gran parte del aire fuera del matraz. Al hervir el agua sigue habiendo presión de aire empujando hacia adentro pero dentro hay vapor empujando hacia afuera. Cuando colocamos el huevo y dejamos enfriar, el vapor se enfría y vuelve a convertirse en agua. Como el agua ocupa mucho menos espacio que el vapor, la presión hacia el exterior es mucho menor pero en el exterior, la presión del aire sigue empujando hacia adentro introduciendo el huevo dentro de la botella". Para terminar, se da una opción para sacar el huevo: aumentando la presión en el interior del

matraz soplando por la boca del matraz.

Título: La ciencia recreativa. Con la ciencia sí se juega
Autores: Héctor Martínez Moreno, Francisco Martínez Navarro, Mari Carmen Casillas Santana, Margarita Delgado Bermejo, Diego Guerra Quevedo, Pilar Botín Hernández, Patricia López Pérez, Pilar Morera Marante, Dolores Rivero Mendoza, Oscar Valencia Suárez
Facultad de Veterinaria de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
Departamento de Física y Química del IES
Alonso Quesada de Las Palmas de Gran Canaria.
Departamento de Ciencias Naturales del IES Alonso Quesada de Las Palmas de Gran Canaria
Enlace en la red: *http : //www3.gobiernodecanarias.org/educacion/3/usrn/lentiscal/ficheros/pdf/Ciencia%20recreativa12p.pdf*

Abordaje y tratamiento del experimento:

En el presente artículo se enuncian las experiencias realizadas en diferentes talleres. Como parte del Taller de aire y presión atmosférica, se presenta el experimento bajo el título: "La botella traga huevos. Como introducir un huevo duro dentro de una botella". El artículo se limita a enunciar el procedimiento: "En el fondo de una botella de boca ancha, vale bien un matraz erlenmeyer de 500 cc, echa unos trozos de papel encendido, o un pequeño algodón con alcohol ardiendo, cuando empiece a consumirse la llama, deposita un huevo duro sin cáscara en la boca de la botella". Y el autor concluye cuestionando a los alumnos: ¿Qué observas?, ¿Por qué ocurre lo observado?, ¿Cómo explicas este fenómeno? Y finalmente pide repetir la experiencia colocando ahora un plátano maduro a medio pelar. No presenta explicación y tampoco ilustración del experimento.

3.3.3. En páginas web

En adelante, algunas páginas web que incluyen el experimento "el huevo que entra en la botella".

Enlace en la red: *http : //www.cienciapopular.com/experimentos/meter−huevo − en − botella*

Esta página web CIENCIAPOPULAR.COM de novedades de la ciencia, en su apartado de experimentos, presenta el experimento con el título: "Meter Huevo en Botella" (Figura 3.10). Como una manera de aprovechar la termo-

Figura 3.10: cienciapopular.com

dinámica de los gases para lograr meter un huevo en una botella. Introduce al experimento con una breve reseña del comportamiento de los gases al variar la temperatura o la presión, posteriormente una lista del material necesario: botella de cristal con boca algo menor que el tamaño de un huevo, huevo cocido y pelado o un globo relleno de agua con un tamaño algo mayor que la boca de la botella, una cerilla. A continuación un vídeo demostrativo del experimento. Instrucciones para llevar a cabo el experimento: enciende la cerilla e introdúcela en la botella, seguidamente coloca el huevo sobre la boca de la botella, espera y comprobarás cómo funciona.

Finalmente la explicación: "Al calentarse el aire que está contenido en la botella, las moléculas que constituyen el aire (nitrógeno 78 %, oxígeno 21 %, etc.) se mueven de una forma más frenética (teoría cinética de los gases) por lo que si confinan en un recinto cerrado, ejercerán mayor presión sobre las paredes del recinto. En el caso del aire que estaba dentro de la botella, al no estar confinado, se escapa al exterior, para mantener así la presión constante en el interior. Cuando la boca de la botella se tapa con el huevo, que posee una gran flexibilidad por estar cocido, la pequeña llama se apaga (combustión del oxígeno del interior) con lo que la temperatura comienza a descender, disminuyendo la presión del aire al estar contenido en un volumen constante. Como consecuencia de la menor presión del aire del interior de la botella, el aire del exterior ejerce una presión sobre el huevo haciendo que éste se

introduzca por su flexibilidad. Una vez que el huevo está dentro de la botella y la boca de la botella está libre, las presiones se igualan".

Enlace en la red: *http* : *//www.experimentoscaseros.info*/2012/08/*como*−*meter* − *huevo* − *dentro* − *de* − *botella.html.html*

Figura 3.11: experimentoscaseros.com

En esta página web de experimentos caseros sencillos, presentan el experimento con el título: "Cómo meter un huevo dentro de una botella" (Figura 3.11). Invitan a creer que es posible meter un huevo en una botella, dan la lista de materiales necesarios: un huevo cocido y pelado, una botella con cuello ligeramente más pequeño que el huevo, 3 ó 4 cerillas. Procedimiento: poner el huevo en la boca de la botella para comprobar que es imposible introducirlo sin romperlo, encender las cerillas y meterlas dentro de la botella, inmediatamente poner el huevo en el cuello de la botella.

Explicación a lo ocurrido: "Como todos sabréis, el fuego necesita oxígeno para su combustión. Es por esto que, al tapar la botella con el huevo, las cerillas dejan de recibir oxígeno y, cuando acaban con el que hay en el interior, se apagan. Esto hace que se produzca una disminución de la temperatura dentro de la botella que hará que el aire esté a menor presión. El aire que se encuentra fuera de la botella, por tanto, ejercerá una mayor presión que el que se encuentra dentro y empujará al huevo hacia su interior. El huevo, gracias a la flexibilidad que le ha proporcionado la cocción, podrá fácilmente modificar su forma para introducirse poco a poco en la botella sin romperse".

Después, una opción para sacar el huevo: echar dentro de la botella un poco de vinagre y bicarbonato sódico, al mezclarlos dan lugar a una reacción que produce un gas que saldrá a gran presión, esta presión es la que empuja al huevo al exterior de la botella. Y finalmente 2 vídeos con la demostración del mismo.

Enlace en la red: *https : //explorable.com/es/experimento−del−huevo−en − una − botella*

Figura 3.12: explorable.com

En esta página web de investigación y relacionados, en su apartado proyectos de ciencias para niños/experimentos con alimentos, presentan el experimento que nos interesa con el título: “Experimento del huevo en una botella” (Figura 3.12). Comienza diciendo que dicho experimento ilustra los efectos de la presión atmosférica, la cual se manifiesta en fenómenos diferentes, así como sus efectos. Posteriormente se puede observar un vídeo que demuestra el experimento. A continuación, la lista de materiales: huevo duro, botella con abertura más angosta que el tamaño del huevo, caja de cerillas, cerillas y periódico. Procedimiento: hierve el huevo hasta que se ponga duro, espera a que enfríe y pélalo, corta tiras de periódico y colócalas dentro de la botella, enciende las cerillas y mételas en la botella, una vez que las tiras de periódico

se enciendan coloca el huevo en la abertura de la botella y observa lo que sucede. Se da una opción para sacar el huevo: ubica tu boca sobre la abertura de la botella y sopla hacia adentro.

Y finalmente la discusión: "En nuestro experimento del Huevo en la Botella, después de prender fuego los periódicos con las cerillas encendidas, el oxígeno de la botella se agotó. Cuando colocaste el huevo delante de la abertura, el aire en el interior creó un vacío succionando el huevo hacia la botella. El periódico en llamas calienta el aire atrapado dentro de la botella, lo que provoca que se expanda. Después de un corto tiempo, el fuego dentro de la botella se extingue, lo que provoca que el aire en el interior se enfríe causando una presión menor dentro de la botella. El huevo es obligado a ingresar en la botella porque en el interior hay una presión más baja y en el exterior una presión más alta. Después de girar la botella boca abajo y soplar aire en la botella, la presión atmosférica dentro de la botella aumenta lo que empujará el huevo hacia afuera sin romperlo".

Enlace en la red: *http : //www.experimentosfaciles.com/meter − un − huevo − en − una − botella − explicacion/*

Figura 3.13: experimentosfaciles.com

Esta página web de experimentos sencillos, presenta el experimento con el

título: “Meter un huevo en una botella Explicación” (Figura 3.13). Comienza asegurando que sería muy sencillo lograr meter un huevo en una botella si es el caso en que el diámetro del pico de la botella es más grande que el diámetro del huevo, pero si fuese al contrario, el diámetro del huevo más grande que el del pico de la botella, sería difícil pero no imposible. Menciona los materiales: un huevo cocinado y sin cáscara, una botella, de preferencia con el pico más pequeño que el diámetro del huevo, 3 fósforos. El procedimiento (¿Cómo lo hacemos?): poner el huevo en el pico de la botella para comprobar que no podemos meter el huevo sin romperlo, prender los fósforos y ponerlos dentro de la botella, inmediatamente tapar la botella colocando el huevo en el pico y esperar a que poco a poco el huevo entre en la botella. Y la explicación (¿Qué está pasando?): “Hay algo que debemos saber, el fuego para que siga siendo fuego necesita algo indispensable: oxígeno. Este lo necesita para un proceso que realiza llamado combustión. Cuando tapamos la botella con el huevo, los fósforos ya no reciben oxígeno. Entonces se apagan, cuando han consumido todo el que había en el interior de la botella. Esto hace que dentro de la botella la temperatura disminuya y el aire esté a menor presión. El aire que está afuera de la botella querrá entrar, como si una fiesta fuera, y empujará (ejercerá una mayor presión) el huevo hacia el interior de la botella. La cocción que se le dio al huevo antes de iniciar el experimento permite que sea flexible y pueda modificar su forma, permitiéndose entrar a la botella, por medio del pico, sin romperse”. Una opción para sacar el huevo (Pero, ¿hay forma de sacarlo?): echar un poco de vinagre y bicarbonato sódico que producirá una reacción que permitirá que el huevo salga. Y finalmente un vídeo demostrativo.

A manera de conclusión para este capítulo, se han citado sólo algunos de los libros de texto, libros de experimentos, artículos de divulgación científica y páginas web en los que aparece el experimento “huevo que entra en la botella” como muestra del panorama que ofrece la literatura respecto a este particular experimento. Además, como evidencia de las distintas maneras en que es presentado y abordado el experimento, que puede ser utilizado como material de apoyo en la demostración de la presión atmosférica. Presentaciones del experimento que van desde la simple descripción de materiales, procedimiento y finalidad, pasando por las actividades que además de lo anterior proporcionan una explicación del fenómeno, o hasta actividades aún más provechosas como las que se enfocan en el descubrimiento de ideas por parte de los alumnos acerca del concepto de presión atmosférica.

Capítulo 4

La evidencia en los resultados del aprendizaje: La taxonomía SOLO

Debido a que la enseñanza tiene como objetivo la comprensión y desarrollo de los estudiantes para la obtención de resultados de aprendizaje de calidad, actualmente se operacionalizan y describen los tipos de procesos y de resultados de aprendizaje que se espera de los estudiantes, como forma de hacer explícito lo que el profesor quiere que los estudiantes lleven a cabo para alcanzar el cambio conceptual.

Biggs y Collins presentan en 1982 la taxonomía SOLO, una propuesta para evaluar los diferentes niveles de complejidad estructural en los resultados de aprendizaje alcanzados. La operacionalización de esta taxonomía es un acrónimo para Structured of the Observed Learning Outcomes, es presentada como una herramienta sencilla y útil para clasificar y evaluar el resultado de una tarea de aprendizaje, o dicho de otra forma, para evaluar la calidad de lo que aprende un estudiante al realizar actividades que requieren el desempeño de elementos de competencias académico-transversales o habilidades de alto nivel intelectual en función de su organización estructural.

SOLO está basada en la constatación de que en el llamado proceso de progresión de la incompetencia a la competencia escolar, el aprendizaje se modifica en dos aspectos principales. Por un lado, los alumnos estructuran los componentes de la tarea en niveles de complejidad creciente (incremento cuantitativo), que se refiere al incremento en la cantidad de detalles en las respuestas del estudiante, y por otro lado, el aprendiz va relacionándose más cómodamente con los aspectos más abstractos de las tareas (incremento cualitativo),

es decir, un cambio cualitativo a la forma en que esos detalles se van integrando en un modelo estructural. Las etapas cuantitativas del aprendizaje ocurren en un primer momento, y después los alumnos cambian cualitativamente su aprendizaje. De esta forma, SOLO aporta un modo sistemático, y el proceso pasa de un conocimiento pobre a un conocimiento sólido de la realidad, en el cual, cada uno de los niveles describe un desempeño particular en un determinado momento.

El camino hacia la comprensión al aprender está íntimamente relacionado con los niveles de complejidad estructural que evalúa la taxonomía SOLO. Dichos niveles quedan definidos de manera sintetizada en la ilustración que sigue (Figura 4.1).

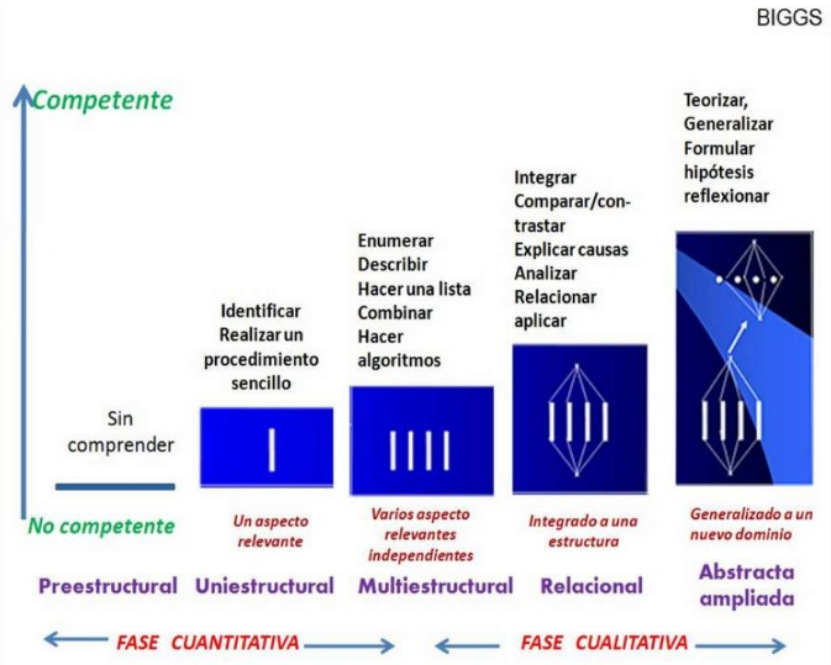


Figura 4.1: Niveles de complejidad estructual en la taxonomía SOLO

A grandes rasgos, el nivel 1 indica que el estudiante no ha emprendido la tarea correctamente y que no ha comprendido su significado. El nivel 2 revela que algún aspecto de la tarea ha sido escogido y utilizado, por tanto estamos ante una comprensión como enumeración. En el nivel 3, algunos aspectos de la tarea son comprendidos paro tratados de forma separada. En el nivel 4, los componentes son integrados en un conjunto coherente, de forma que cada uno de ellos contribuye al significado completo, y el estudiante es capaz

de apreciar relaciones. El nivel 5 mostraría que el estudiante ha comprendido, que es capaz de generalizar lo aprendido a un nuevo tópico o área, pero además, muestra que el estudiante es capaz de utilizar la metacognición y reflexionar sobre sí mismo.

Puede notarse que la principal línea divisoria se encuentra entre los niveles 3 y 4; ya para el cuarto y quinto nivel, las respuestas envuelven evidencias de comprensión, en el sentido de integrar y estructurar las partes del material a aprender. Las categorías oscilan entre simples respuestas no estructuradas que usan información irrelevante hasta abstracciones de alto nivel que usan la información disponible para formar hipótesis basadas en los principios generales (Ramsden, 2003). La taxonomía SOLO, al situar las respuestas de los estudiantes en categorías predeterminadas y jerarquizadas de acuerdo con la calidad de sus respuestas, ofrece un modo sistemático de describir cómo un aprendiz crece en complejidad cuando realiza tareas académicas.

Como síntesis y aplicabilidad a la situación de enseñanza y aprendizaje, la taxonomía SOLO puede ser usada para definir y diseñar el currículum. De acuerdo al primer paso en el alineamiento constructivo de la enseñanza propuesto por Biggs (1996, 1999, 2001, 2002), es preciso definir los resultados pretendidos; tales objetivos han de ser definidos no sólo en términos de contenidos sino también en términos de nivel de comprensión aplicados a ese contenido.

Por otro lado, siendo conscientes de la importancia, relación y repercusión de la evaluación sobre la forma de aprender de los estudiantes y sobre los resultados alcanzados (Elton y Laurillard, 1979), la taxonomía SOLO puede ser usada para evaluar los resultados del aprendizaje y saber a qué nivel individual están operando los estudiantes. En este sentido, la evaluación ha de estar dirigida a aportar información sobre cuánto y con qué calidad han aprendido los estudiantes según lo previsto. Hemos de ser conscientes que el hecho de no incluir cambios en la evaluación de los aprendizajes de los estudiantes no es posible el diseño de una nueva formación, en la que el estudiante comprenda significados, siendo capaz de manipular adecuadamente y transferir a otros contextos.

Capítulo 5

Metodología de la investigación

En el presente trabajo se realiza un estudio en el que se pretende hallar las ideas previas en alumnos de bachillerato para el concepto de presión atmosférica.

5.1. Diseño de la investigación

El estudio se realizó bajo el paradigma cuantitativo en la modalidad de investigación de campo. El diseño de la investigación consistió en aplicar una encuesta sobre descripciones y explicaciones relacionadas con un fenómeno físico y el concepto de presión atmosférica.

5.2. Elección del método

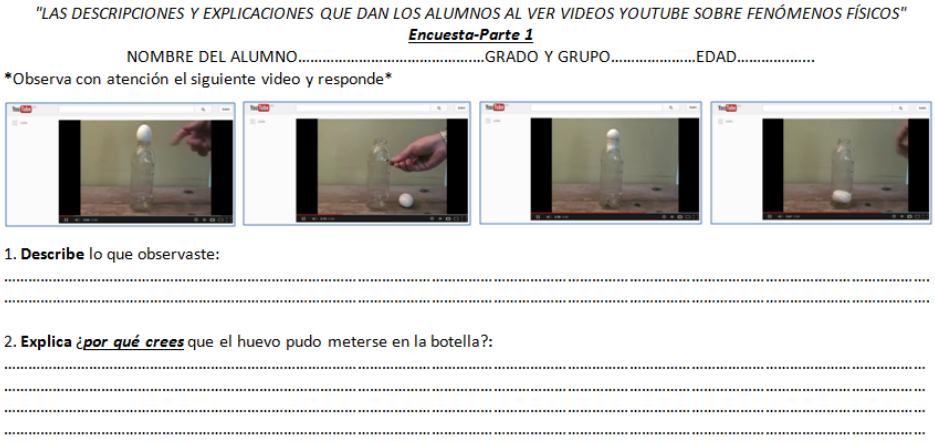
El instrumento con el que se trabaja es la encuesta, con el apoyo de un vídeo proyectado en el salón de clases. Se eligió éste método ya que representa bajos niveles de estrés en los alumnos a la hora de expresar libremente sus ideas, además de que éste método nos permite ahorrar tiempo para la obtención de ideas de los alumnos.

5.3. Elaboración de la encuesta

La encuesta fue elaborada de tal manera que el alumno se enfoque en 2 sencillas cuestiones: descripción y explicación de un fenómeno.

5.3.1. Formato de la encuesta

La encuesta se divide en dos partes: **Encuesta-Parte 1** (Figura 5.1) y **Encuesta-Parte 2** (Figura 5.2), impresas por separado.



"LAS DESCRIPCIONES Y EXPLICACIONES QUE DAN LOS ALUMNOS AL VER VIDEOS YOUTUBE SOBRE FENÓMENOS FÍSICOS"

Encuesta-Parte 1

NOMBRE DEL ALUMNO.....GRADO Y GRUPO.....EDAD.....

Observa con atención el siguiente video y responde

1. **Describe** lo que observaste:

.....

.....

2. **Explica** ***¿por qué crees*** que el huevo pudo meterse en la botella?:

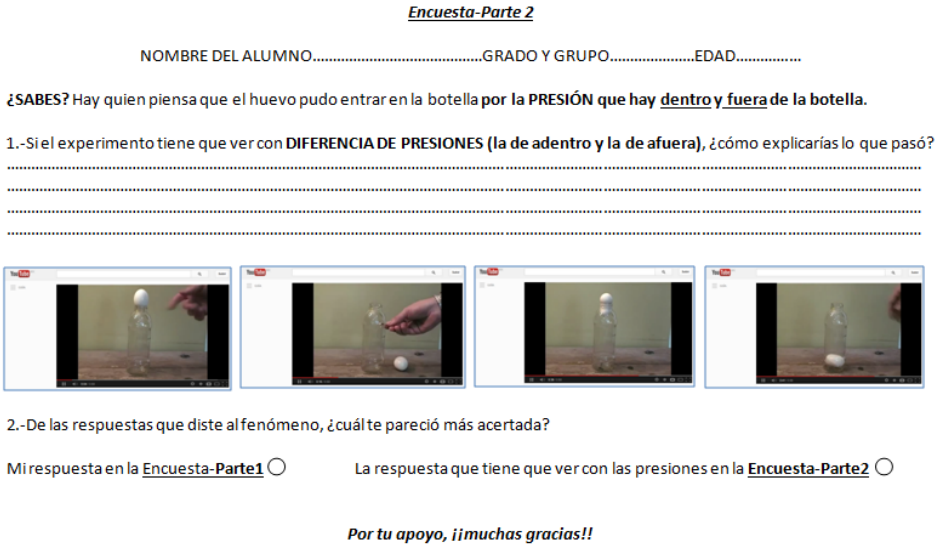
.....

.....

.....

.....

Figura 5.1: Encuesta-Parte 1



Encuesta-Parte 2

NOMBRE DEL ALUMNO.....GRADO Y GRUPO.....EDAD.....

¿SABES? Hay quien piensa que el huevo pudo entrar en la botella **por la PRESIÓN que hay dentro y fuera de la botella.**

1.-Si el experimento tiene que ver con **DIFERENCIA DE PRESIONES (la de adentro y la de afuera)**, ¿cómo explicarías lo que pasó?

.....

.....

.....

.....

2.-De las respuestas que diste al fenómeno, ¿cuál te pareció más acertada?

Mi respuesta en la Encuesta-**Parte1** ○ La respuesta que tiene que ver con las presiones en la **Encuesta-Parte2** ○

Por tu apoyo, ¡¡muchas gracias!!

Figura 5.2: Encuesta-Parte 2

5.3.2. La encuesta

En la primera parte de la encuesta, **Encuesta-Parte 1** se pide al alumno describir y explicar con sus propias palabras el fenómeno observado. Esto con el fin de localizar las posibles ideas previas ante el aprendizaje del concepto de presión atmosférica.

En la segunda parte de la encuesta, **Encuesta-Parte 2** se da al alumno una sugerencia para la explicación del fenómeno, es decir, se menciona que hay quien piensa que la explicación al fenómeno observado está relacionada con la presión que se encuentra dentro y fuera de la botella. Esto con la finalidad de que el alumno considere la posibilidad de que la respuesta al fenómeno observado sea una diferencia de presiones.

Después de esta sugerencia, se pide nuevamente una explicación al fenómeno pero ahora en términos de las presiones de dentro y fuera de la botella.

Sin embargo, y para no imponer ideas, se pide al alumno, elegir entre sus 2 respuestas al fenómeno, la respuesta que le parezca más acertada. Esto con el fin de guiar al alumno hacia la explicación correcta del fenómeno observado, pero con la posibilidad de que la elijan como mejor respuesta o no.

5.4. Elección del material de apoyo

Como material de apoyo para este estudio se utiliza un video que muestra los efectos de la presión atmosférica al generar una diferencia de presiones. El video se proyecta con la finalidad de que los alumnos a encuestar tengan una idea clara de lo que ocurre con el fenómeno.

Dicho vídeo se obtuvo del sitio web Youtube bajo el título: “How to put an egg into a bottle.mp4”, como vídeo representativo del experimento popularmente llamado “huevo que entra en la botella” utilizado para la demostración del concepto de presión atmosférica.

Se eligió este video ya que su duración es relativamente corta (0:57 minutos), se centra exclusivamente en la demostración del experimento, y principalmente porque no proporciona una explicación del mismo, de tal forma que nada interfiere en la libre interpretación del estudiante.

5.4.1. Características del vídeo

Enlace en la red: *https : //www.youtube.com/watch?v = rJnUBk1JPQ*

Figura 5.3: Vídeo de apoyo

Características extras: el vídeo es presentado con música de fondo, la cámara sólo muestra las manos del presentador, la expresión en el vídeo es de tipo oral (en idioma inglés) y escrita (letreros sólo para identificar los materiales), los materiales que utilizan para el experimento son 1 botella de vidrio, 1 huevo cocido y 4 cerillos.

5.4.2. El vídeo

En el vídeo se puede observar que el presentador muestra los materiales necesarios para el experimento, y seguido de esto, muestra cómo al poner un huevo cocido sobre la boca de la botella éste no puede introducirse, pero al encender un par de cerillos, dejarlos caer dentro de la botella, e inmediatamente poner el huevo en la boca de la botella, el huevo se va deformando y cae al fondo de la misma (Figura 5.3).

5.5. Sujetos de investigación

Los sujetos de esta investigación son estudiantes de bachillerato, de la región noroeste del estado de Puebla.

5.5.1. Tamaño de la muestra

Dichas encuestas se aplicaron a 4 grupos de estudiantes pertenecientes a 2 bachilleratos.

La muestra con la que se trabaja consta de un total de 89 alumnos que cursan bachillerato.

5.5.2. La muestra

Correspondiente al Centro de Estudios Industrial y de servicios No. 67, pertenecen 2 de los grupos de estudio, con un total de 32 alumnos. Los 2 grupos restantes, pertenecen al Bachillerato Oficial San Gregorio Zacapechpan, con un total de 57 alumnos.

5.6. Aplicación de la encuesta

Para la aplicación de la encuesta se trabajó de la siguiente manera:

1. Se elabora una encuesta con 2 preguntas sencillas para obtener las ideas previas del concepto de presión a través de las descripciones y explicaciones acerca del video "huevo que entra en la botella" en el cual se demuestra el concepto de presión.

2. Una vez elaborado el formato de encuesta, se pide autorización a los directores de dos bachilleratos para la aplicación de la encuesta a distintos grupos.

3. Los directores de cada bachillerato asignan los grupos a encuestar, de acuerdo a los grupos que se encuentren libres de clase en ese momento.

4. La aplicación de la encuesta se realiza a cada grupo por separado.

5. Se pide al grupo guardar silencio y prestar total atención al video que se proyecta a continuación, ya que posteriormente deberán responder algunas sencillas preguntas respecto a lo que observaron.

6. A continuación e inmediatamente el aplicador entrega el formato impreso de la encuesta **Encuesta-Parte 1** a todos los integrantes del grupo.

7. Adicionalmente, y para los alumnos que no pusieron atención al video, éste se proyecta una o dos veces vez más, si así se requiere.

8. El aplicador espera sin presión de tiempo a que todos los alumnos entreguen sus respuestas.

9. Una vez que todos los alumnos entregan su hoja de respuestas, se procede a mencionar que hay quien piensa que la explicación al fenómeno observado tiene que ver con las presiones que hay dentro y fuera de la botella.

10. A continuación se pide una nueva explicación al fenómeno, pero ahora en términos de la presión de dentro y fuera de la botella.

11. Y se entrega a cada alumno la segunda parte de la encuesta (**Encuesta-Parte 2**) para escribir sus explicaciones.

12. Para terminar el trabajo con el grupo, el aplicador espera a que todos los alumnos entreguen sus hojas. Se realiza el mismo procedimiento para cada grupo.

5.7. Resultados esperados o hipótesis

Se espera que los alumnos encuestados en el mejor de los casos expliquen el fenómeno observado en términos de la diferencia de presiones, acorde con el conocimiento científico. De lo contrario, que los resultados expresados en la encuesta puedan revelar de alguna manera las ideas previas para el concepto de presión atmosférica de la muestra en estudio. El análisis de resultados por su parte, pretende ser de utilidad para aquel profesor que se interesa en conocer las ideas previas para el concepto de presión atmosférica y a partir de ello planificar la estrategia más eficaz para el aprendizaje del concepto en cuestión.

Capítulo 6

Análisis y resultados de la encuesta

Se recibieron 99 resultados, sin embargo, no todos los estudiantes responden a las dos partes que conforman la encuesta, correspondiente a 10 estudiantes. Por lo que la muestra con la que se trabaja consta de un total de 89 alumnos. A continuación se presenta una tabla de género (Tabla 6.1).

Género	**No. de estudiantes**	**Porcentaje**
Femenino	48	53.93 %
Masculino	41	46.06 %
Total	89	100 %

Tabla 6.1: Género

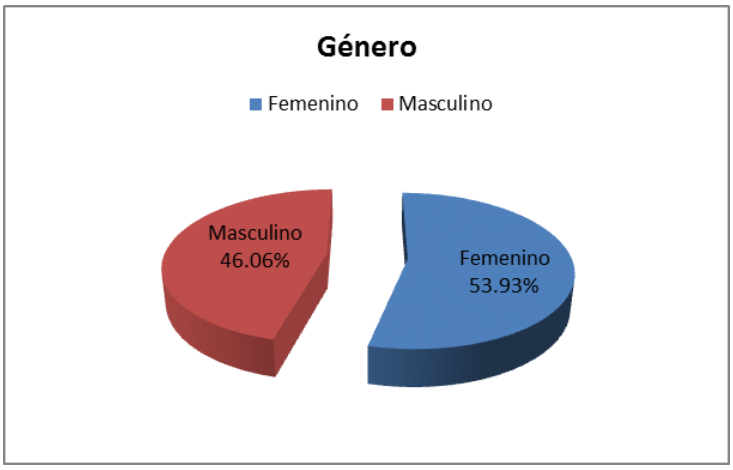


Figura 6.1: Género

Con edades entre 15 y 18 años de edad, 48 estudiantes corresponden al género femenino y 41 al género masculino.

CONSIDERACIONES

ETAPAS EN EL VIDEO

Para fines prácticos posteriores en el análisis de las descripciones y explicaciones, se distinguen 3 etapas en el vídeo de apoyo:

1. **La prueba sin fuego.** En esta primera etapa se coloca el huevo encima de la boca de la botella, se observa cómo este se queda quieto y no puede entrar.

Figura 6.2: Etapa 1

2. **La entrada de los cerillos.** Se encienden algunos cerillos, después se dejan caer hacia dentro de la botella e inmediatamente se coloca el huevo sobre la boca de la botella.

Figura 6.3: Etapa 2

3. **La entrada del huevo.** Inmediatamente después de colocar el huevo encima de la boca de la botella éste se introduce poco a poco y finalmente cae al fondo.

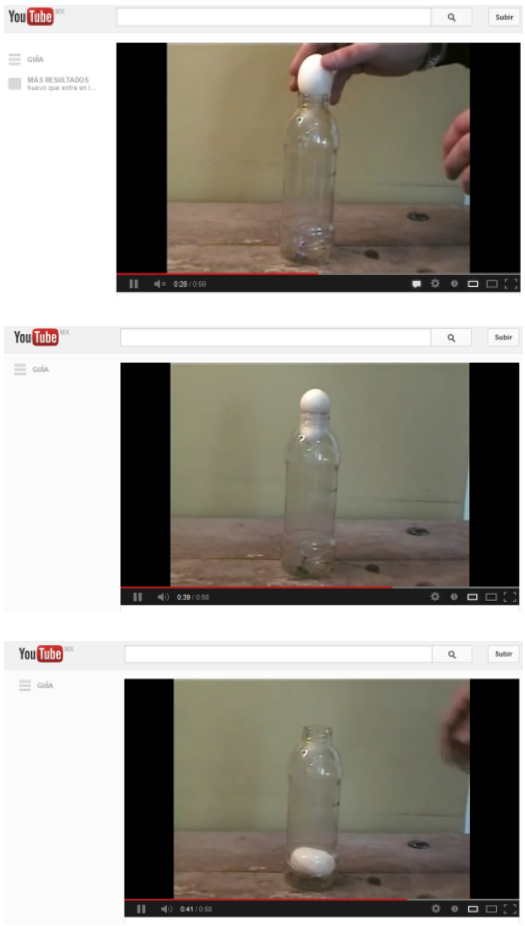


Figura 6.4: Etapa 3

6.1. Análisis de las descripciones

En este apartado se trabaja con el análisis de las respuestas que los estudiantes proporcionan a la primera indicación de esta encuesta: “describe lo que observaste”.

6.1.1. ¿Se puede considerar como descripción del experimento?

Para que la respuesta sea considerada como descripción del experimento en cuestión ésta debe ser del tipo descripción objetiva, que consiste en reconstruir la realidad sin permitir que interfieran cuestiones personales tales como

el gusto y las opiniones. Concretamente, debe cumplir con la finalidad de proporcionar una imagen o idea completa, lo más cercana posible a lo expresado en el vídeo del experimento.

A continuación se identifican las respuestas consideradas como descripciones del experimento y se eliminan las que no corresponden a una descripción (Tabla 6.2).

¿Es una descripción?	No. de estudiantes	Porcentaje
Sí	75	84.26 %
No	14	15.73 %
Total	89	100 %

Tabla 6.2: Valoración de descripciones

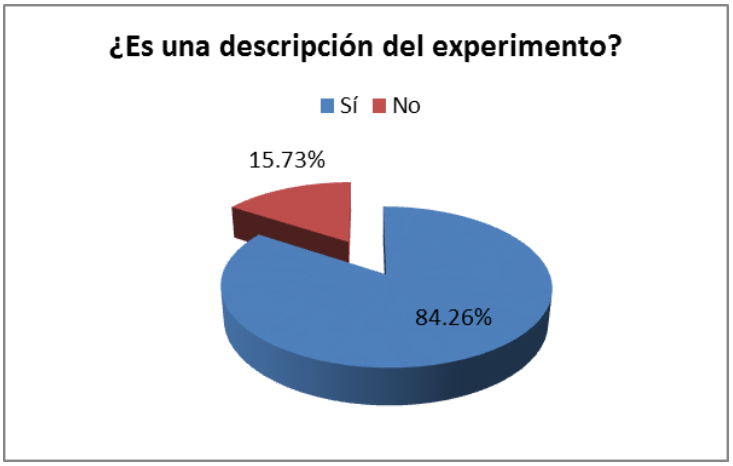


Figura 6.5: Valoración de descripciones

El gráfico muestra que a pesar de ser la mayoría, solamente el 84.26 % de los estudiantes proporcionan una descripción del vídeo. En consecuencia, para el análisis posterior de las descripciones se eliminan las 14 encuestas (15.73 %) que no proporcionan una descripción del mismo. Es decir, en adelante se trabaja sólo con 75 encuestas.

6.1.2. Etapa del vídeo a partir de la cual se describe

A pesar de la indicación y como es de esperar, no todos los estudiantes describen el experimento de inicio a fin, es decir, en su descripción omiten ciertas

acciones del presentador o etapas completas del vídeo, a primera vista por falta atención, olvido, porque lo consideran irrelevante, entre otras razones.

Sin embargo, y para ciertos fines es de utilidad analizar "la no respuesta", es decir, la ausencia de respuesta, ya que es posible que ésta sea característica de algún grupo específico de personas o en este caso de estudiantes en función de su edad, género, etc. En la siguiente tabla se identifica la etapa a partir de la cual el estudiante comienza su descripción (Tabla 6.3).

Descripción a partir de:	**No. de estudiantes**	**Porcentaje**
1. La prueba sin fuego	18	24.00 %
2. La entrada de los cerillos	17	22.66 %
3. La entrada del huevo	40	53.33 %
Total	75	100 %

Tabla 6.3: Descripción por etapas

El 24.00 % de los estudiantes describe a partir de la etapa 1, el 22.66 % a partir de la etapa 2 y finalmente el 53.33 % describe a partir de la etapa 3.

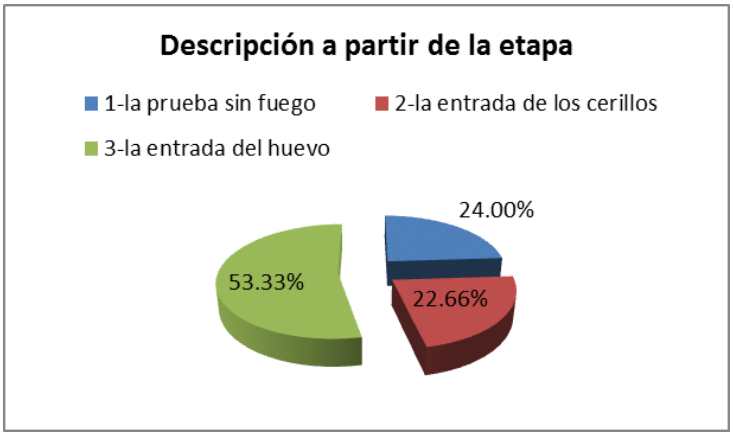


Figura 6.6: Descripción por etapas

6.1.3. Los materiales, como parte de la descripción

Por otro lado, como parte de la descripción del experimento es importante que todos los materiales necesarios para llevar a cabo el mismo sean mencionados, ya que existe la posibilidad de que la omisión de alguno de ellos tenga repercusiones. Es por ello que se presenta una tabla (Tabla 6.4) con

el número de estudiantes que citan todos los materiales y los que les falta mencionar al menos alguno de ellos.

Cita todos los materiales	No. de estudiantes	Porcentaje
Sí	45	60.00 %
No	30	40.00 %
Total	75	100 %

Tabla 6.4: Cita todos los materiales

Figura 6.7: Cita todos los materiales

El 60.00 % de los estudiantes menciona todos los materiales necesarios para el experimento y el restante 40.00 % no menciona todos. Éstos últimos coinciden en omitir solamente a los cerillos.

6.1.4. Suposiciones en la descripción

La realización de conjeturas o suposiciones en la descripción del experimento se ven reflejadas a continuación. Debido a que las suposiciones en sí mismas representan ya dificultades con diversos niveles de importancia en cualquier ámbito del que se trate, es posible que algunas de las suposiciones expresadas en este apartado tengan repercusiones posteriores en la interpretación del experimento.

Se encontraron 2 tipos de suposiciones:

1. Las que aparentemente surgen debido a la poca atención prestada al vídeo y a la total influencia de las imágenes presentes en el formato de la encuesta. Sólo se encontraron 3 suposiciones, que corresponden al 4.00 % del total, concretamente el estudiante: supone que un encendedor "lo pusieron" en la boca de la botella, supone que "calientan la orilla de la botella", supone que "calientan la superficie de la botella".

2. Las que aparentemente surgen de la apreciación física, estas suponen acerca de los materiales utilizados para el experimento. A continuación se grafica el número de estudiantes que supone acerca del material (Tabla 6.5) y adicionalmente el número de suposiciones sobre cada uno de los materiales: la botella, el huevo o ambos (Tabla 6.6).

Supone acerca de los materiales	No. de estudiantes	Porcentaje
Sí	19	25.33 %
No	56	74.66 %
Total	75	100 %

Tabla 6.5: Suposiciones acerca de los materiales

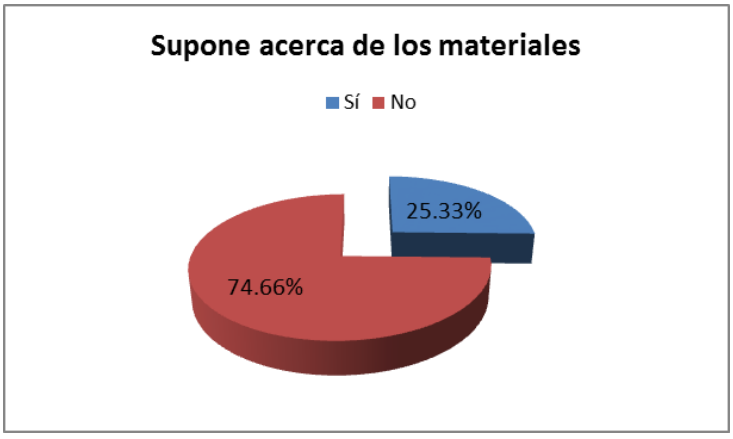


Figura 6.8: Suposiciones acerca de los materiales

El 74.66 % de los estudiantes no supone acerca de los materiales del experimento, mientras que el restante 25.33 % sí supone acerca de los materiales.

Con más detalle, en términos de cada material:

Supone acerca de:	No. de estudiantes	Porcentaje
La botella	12	63.15 %
El huevo	5	26.31 %
La botella y el huevo	2	10.52 %
Total	19	100 %

Tabla 6.6: Suposiciones en términos de cada material

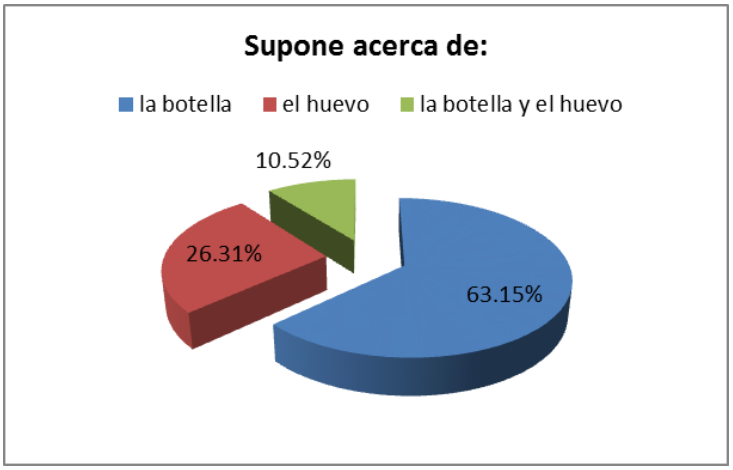


Figura 6.9: Suposiciones en términos de cada material

El 63.15 % suponen acerca de la botella (es de vidrio o de plástico), el 26.31 % suponen acerca del huevo (es hervido o cocido), y el 10.52 % suponen acerca de ambos (la botella es de vidrio y el huevo es hervido).

6.1.5. El desarrollo del experimento

Otro punto que debe cubrir una descripción con base en las especificaciones iniciales es el desarrollo del experimento o el experimento en sí, se refiere a que el estudiante debe mencionar las acciones clave que son: el encendido de los cerillos, la entrada de estos a la botella y el colocar el huevo sobre la boca de la botella.

Con esta información, el desarrollo del experimento se clasifica en: completo- cuando se mencionan todas las acciones clave, incompleto- cuando no menciona alguna de estas y no lo dice-cuando no menciona una sola de las acciones (Tabla 6.7).

Desarrollo del experimento	No. de estudiantes	Porcentaje
Completo	17	22.66 %
Incompleto	20	26.66 %
No lo dice	38	60.66 %
Total	75	100 %

Tabla 6.7: Clasificación del desarrollo del experimento

Figura 6.10: Clasificación del desarrollo del experimento

El 22.66 % menciona completo el desarrollo del experimento, el 26.66 % incompleto y el 50.66 % no lo menciona.

Por otro lado, trabajando con el conjunto de estudiantes a quienes faltó mencionar una parte del desarrollo del experimento, se halla la parte que falta mencionar (Tabla 6.8).

Desarrollo incompleto	No. de estudiantes	Porcentaje
No menciona el encendido de los cerillos o la entrada de los cerillos encendidos	12	60.00 %
No menciona que se coloca el huevo en la boca de la botella	3	15.00 %
No menciona todo lo anterior	5	25.00 %

Total	75	100 %

Tabla 6.8: Omisiones en el desarrollo

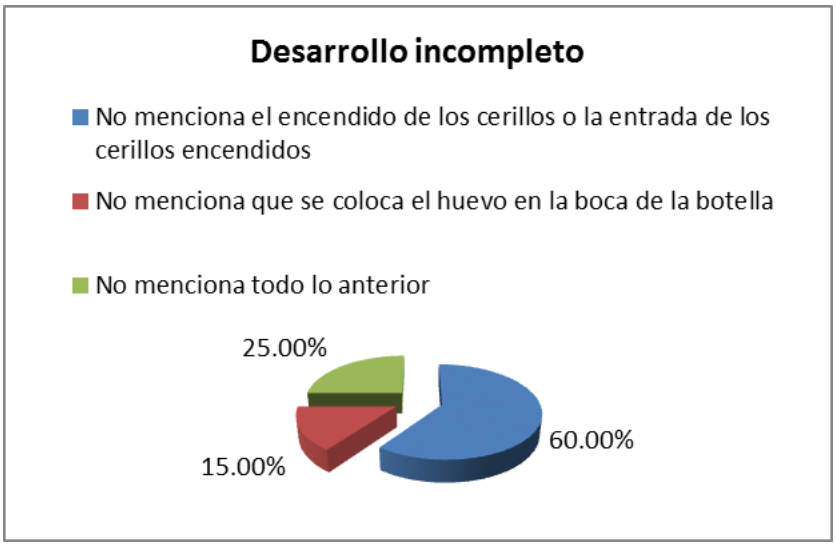


Figura 6.11: Omisiones en el desarrollo

El 60.00 % no menciona el encendido de los cerillos o la entrada de los cerillos encendidos, el 15.00 % no menciona que se coloca el huevo en la boca de la botella y el 25.00 % no menciona ninguno de los anteriores. Es decir, de los estudiantes que expresan desarrollo del experimento de manera incompleta, la mayoría de este grupo (60.00 %) coinciden en no mencionar el encendido de los cerillos o la entrada de los cerillos encendidos.

6.1.6. La finalidad del experimento

La finalidad del experimento es una de las partes más importantes en la descripción del experimento (Tabla 6.9), sin embargo algunos estudiantes no la mencionan.

La finalidad del experimento	No. de estudiantes	Porcentaje
Sí la menciona	72	96.00 %
No la menciona	3	4.00 %
Total	75	100 %

Tabla 6.9: Referencia a la finalidad del experimento

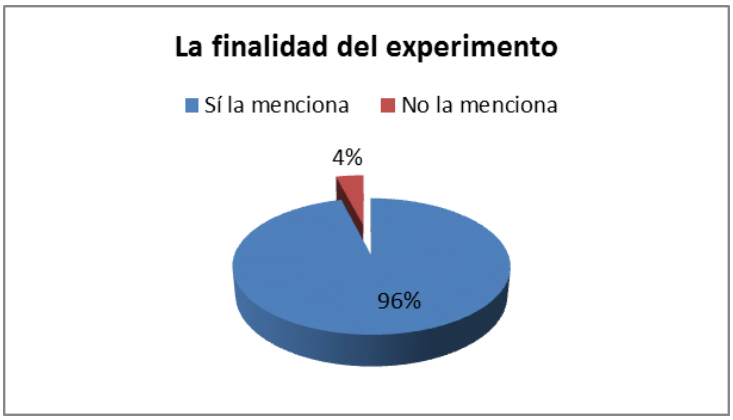


Figura 6.12: Referencia a la finalidad del experimento

El 96.00 % menciona la finalidad del experimento y el 4.00 % no lo hace.

6.1.7. Clasificación de las descripciones

Para finalizar el análisis de descripciones se concluye con su clasificación.

Consideraciones para la clasificación.

Las descripciones se clasifican con base en tres características que se consideran logran singularizar al experimento que se observa en el vídeo. Dichas características son:

1. Mención de todos los materiales empleados.- los cuales son: huevo, botella y cerillos.

2. Procedimiento llevado a cabo o desarrollo del experimento.- se refiere a mencionar las etapas más relevantes del vídeo (etapa 2 y 3). A pesar de que no son dos sino tres etapas; las requeridas para el análisis de las descripciones son sólo 2 fases: la entrada de los cerillos y la entrada del huevo.

3. Finalidad del experimento.- mencionar que el huevo logra entrar completamente en la botella.

Si el alumno hace mención a las tres características antes descritas, la descripción se considera del tipo completa, de lo contrario, si falta mencionar al menos una de estas, se clasifica como descripción incompleta, y en caso de

que el alumno no proporcione una descripción también se contabilizan estas respuestas. A continuación algunos ejemplos de los tipos de descripciones tomados de la muestra:

Descripción completa: "*El huevo no podía entrar por la boca de la botella, después encendieron un cerillo y lo encendieron en la botella luego colocaron el huevo y se pudo deslizar dentro de la botella*" Rodrigo Xique Xique. El alumno menciona todos los materiales que se utilizaron para el experimento, el procedimiento llevado a cabo y la finalidad del experimento.

Descripción incompleta: *"Observé como se mete un huevo en una botella utilizando cerillos y una botella de vidrio"* Eleazar Gutierrez Moyotl. El alumno no menciona alguna de las características relevantes del experimento, en este caso omite el procedimiento.

No describe: *"Se vió loco"* Ángel. El alumno no describe lo que se observa en el vídeo sino que da su impresión.

Clasificación de la descripción	No. de estudiantes	Porcentaje
Completa	17	19.10 %
Incompleta	58	65.16 %
No describe	14	15.73 %
Total	89	100 %

Tabla 6.10: Clasificación de las descripciones

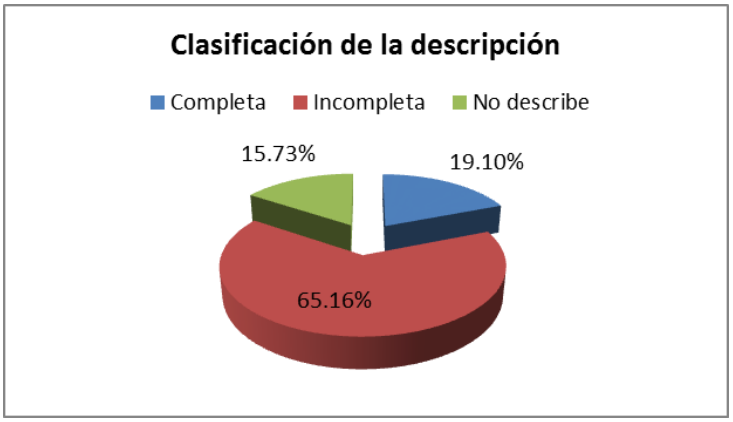


Figura 6.13: Clasificación de las descripciones

El 19.10 % proporciona una descripción completa, el 65.16 % descripción incompleta, y el restante 15.73 % no proporciona una descripción del experimento (Tabla 6.10).

6.2. Análisis de las explicaciones

En el siguiente apartado se trabaja en el análisis de las respuestas a la segunda y tercera indicación de la encuesta.

La segunda indicación se enuncia: "Explica ¿por qué crees que el huevo pudo meterse en la botella". De la cual se obtienen respuestas que denominamos para su estudio: explicación inicial o ideas previas para el concepto de presión. Posterior a la recepción de este grupo de respuestas, se entrega al alumno otro formato que también debe responder, y en el cual se puede leer como sugerencia: "¿Sabes? Hay quien piensa que el huevo pudo entrar en la botella por la presión que hay dentro y fuera de la botella", finalmente, la tercera indicación es: "Si el experimento tiene que ver con diferencia de presiones (la de adentro y la de afuera), ¿cómo explicarías lo que pasó?".

6.2.1. Explicación No. 1

A continuación se realiza el análisis de las respuestas a la segunda indicación de la encuesta.

6.2.1.1. ¿Se puede considerar como una explicación al experimento?

Para los fines de este estudio, una explicación del experimento debe poder expresar o hacer visible con la mayor claridad posible mediante el lenguaje escrito, el origen del fenómeno que se observa en el vídeo. Por tal motivo, a continuación se identifican las respuestas que son consideradas explicaciones del experimento y las que no corresponden a explicaciones también se incluyen en la tabla (Tabla 6.11).

¿Es una explicación del experimento?	**No. de estudiantes**	**Porcentaje**
Sí	80	89.88 %
No	9	10.11 %
Total	89	100 %

Tabla 6.11: Valoración de la Explicación No. 1

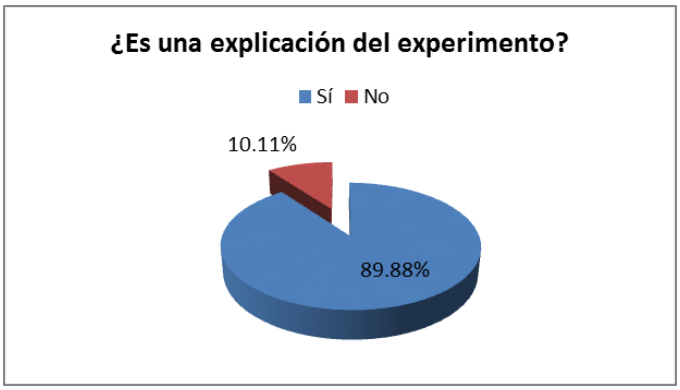


Figura 6.14: Valoración de la Explicación No. 1

El 89.88 % de los estudiantes proporcionan una explicación del fenómeno, sin embargo el resto de respuestas 10.11 % no son consideradas como explicaciones. Para el análisis posterior de las explicaciones se eliminan las 9 encuestas (10.11 %) que no proporcionan una explicación del mismo. Es decir, en adelante se trabaja sólo con 80 estudiantes.

6.2.1.2. Etapa del vídeo a partir de la cual explica

Se hallan respuestas que no necesariamente comienzan su explicación a partir de la etapa 1 del vídeo, es decir, comienzan ya en la etapa 2 o hasta la etapa 3. A continuación se muestra una tabla con las explicaciones iniciales de acuerdo a la etapa a partir de la cual comienza la explicación: 1- La prueba sin fuego, 2- La entrada de los cerillos y 3- La entrada del huevo (Tabla 6.12).

Explica a partir de la etapa:	**No. de estudiantes**	**Porcentaje**
Etapa 1 - La prueba sin fuego	1	1.25 %
Etapa 2 - La entrada de los cerillos	64	80.00 %
Etapa 3 - La entrada del hevo	15	18.75 %
Total	80	100 %

Tabla 6.12: Explicación No. 1 por etapas

El 1.25 % explica a partir de la Etapa 1, el 80.00 % explica a partir de la Etapa 2 y el 18.75 % explica a partir de la Etapa 3.

Figura 6.15: Explicación No. 1 por etapas

6.2.1.3. Suposiciones en la explicación

Incluidas en la explicación, se encontraron suposiciones acerca de los materiales que se utilizan para el experimento. En la Tabla 6.13 se puede observar el número de estudiantes que suponen acerca de los materiales.

Supone acerca de los materiales	No. de estudiantes	Porcentaje
Sí	25	31.25 %
No	55	68.75 %
Total	80	100 %

Tabla 6.13: Suposiciones acerca de los materiales

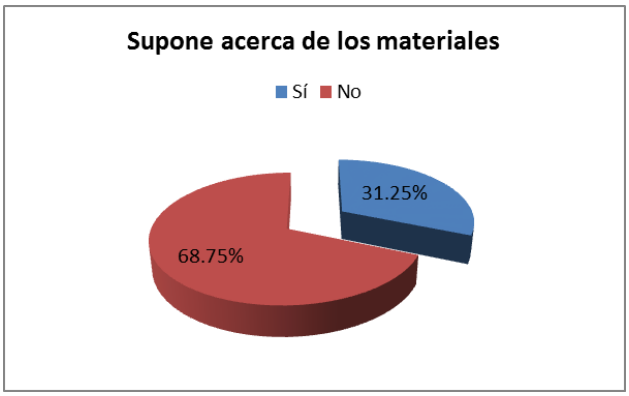


Figura 6.16: Suposiciones acerca de los materiales

El 68.75 % no hace suposiciones acerca de los materiales y el 31.25 % sí lo hace.

Con mayor detalle, en la Tabla 6.14 se muestran los tres tipos de suposiciones que hacen los estudiantes, estas suposiciones son para los materiales: suposición acerca del huevo, acerca de la botella y acerca de ambos.

Supone para:	No. de estudiantes	Porcentaje
El huevo	16	64.00 %
La botella	3	12.00 %
Ambos	6	24.00 %
Total	25	100 %

Tabla 6.14: Suposiciones en términos de cada material

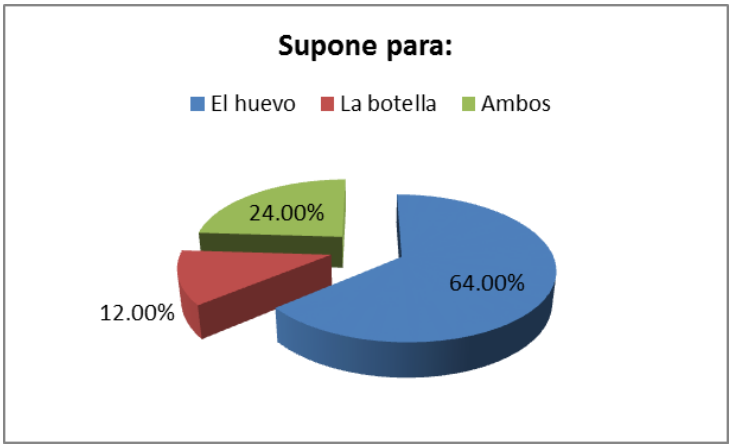


Figura 6.17: Suposiciones en términos de cada material

El 64.00 % supone acerca del huevo, el 12.00 % para el material de la botella y el 24.00 % para ambos.

6.2.1.4. Importancia de las suposiciones en la explicación

Debido a que hay estudiantes que no sólo suponen acerca de los materiales, sino que además piensan que estas suposiciones sobre las características físicas son importantes para que el experimento se pueda llevar a cabo, a continuación una tabla (Tabla 6.15) con el número y porcentaje de estudiantes que lo consideran importante para su explicación.

Importancia de las características físicas de los materiales	No. de estudiantes	Porcentaje
Sí	17	21.25 %
No	63	78.75 %
Total	80	100 %

Tabla 6.15: Importancia de las características físicas de los materiales para la Explicación No. 1

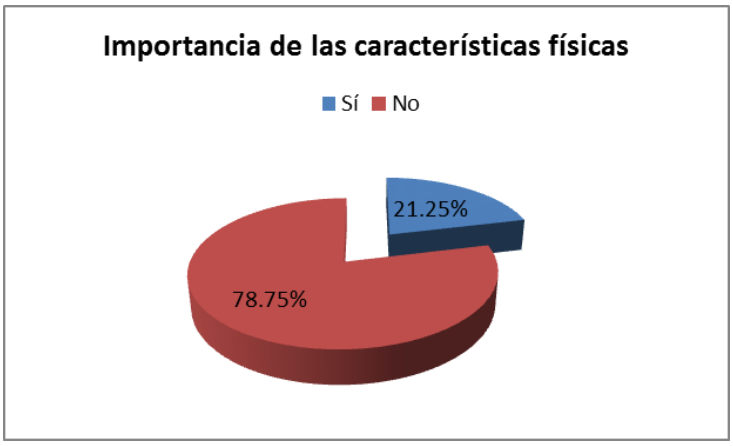


Figura 6.18: Importancia de las características físicas de los materiales para la Explicación No. 1

El 21.25 % considera fundamental en su explicación la suposición acerca de los materiales y el 78.75 % a pesar de que también ha supuesto acerca de los materiales no lo considera importante para explicar el fenómeno.

Tomado del grupo de estudiantes que sí lo consideran fundamental para su explicación, se clasifican las suposiciones de acuerdo al objeto en específico: el huevo, la botella o en su caso a ambos (Tabla 6.16).

Importancia de las características físicas de:	No. de estudiantes	Porcentaje
El huevo	11	64.70 %
La botella	3	17.64 %

De ambos	3	17.64 %
Total	17	100 %

Tabla 6.16: Importancia de las características físicas del huevo y la botella

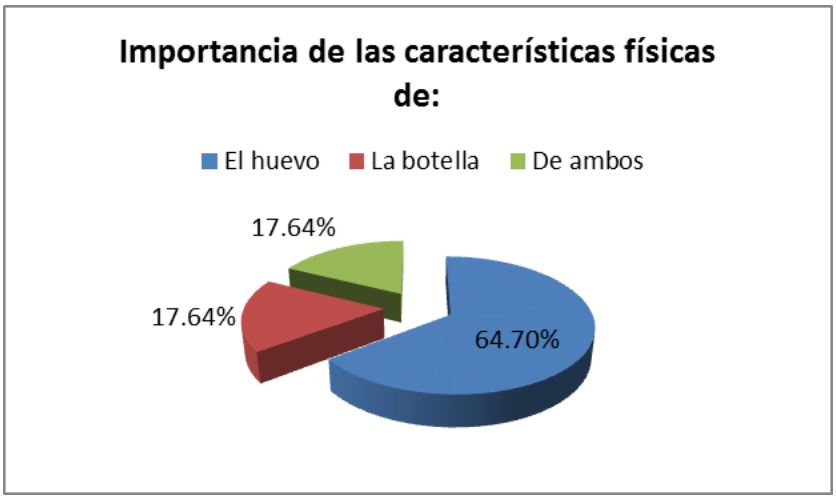


Figura 6.19: Importancia de las características físicas del huevo y la botella

El 64.70 % cree importante que el huevo deba ser hervido, el 17.64 % que la botella sea de vidrio, y otro 17.64 % que tanto el huevo sea hervido como la botella sea de vidrio.

6.2.1.5. El término presión

En esta parte del análisis se identifica el número de estudiantes que dentro de su explicación inicial introducen el término presión (Tabla 6.17).

Introduce el término presión	**No. de estudiantes**	**Porcentaje**
Sí	7	8.75 %
No	73	91.25 %
Total	80	100 %

Tabla 6.17: Introduce el término presión en la Explicación No. 1

El 91.25 % de los estudiantes no introduce el término presión en sus explicaciones, mientras que el restante 8.75 % sí lo hace. De estos últimos, refieren a: "la presión del huevo", "la presión del humo", "la presión que crea al terminarse el oxígeno", "la presión que tenía al contener un poco de fuego", "la presión del gas" y "la presión del fuego".

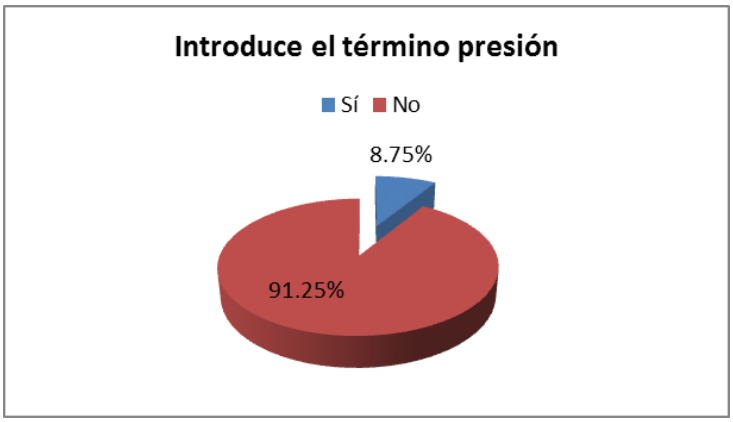


Figura 6.20: Introduce el término presión en la Explicación No. 1

6.2.1.6. Causa y efecto en las explicaciones

Debido a que el conjunto de explicaciones iniciales es de lo más importante para este estudio, a continuación se realiza un análisis exhaustivo de las mismas, comenzando con la identificación de causa y efecto, si es posible.

Factores en la causa

La causa que se localiza puede incluir de uno a dos factores en la misma (Tabla 6.18).

Número de factores en la causa	No. de estudiantes	Porcentaje
Un factor	63	78.75 %
Dos factores	17	21.25 %
Total	80	100 %

Tabla 6.18: Número de factores en la causa de la Explicación No. 1

El 78.75 % explica con un factor en la causa y el 21.25 % con dos factores.

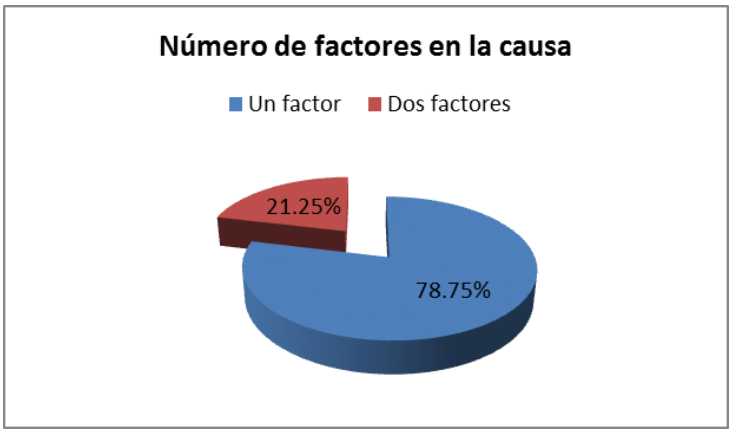


Figura 6.21: Número de factores en la causa de la Explicación No. 1

1.- Causa con un factor

De las explicaciones en que sólo se tiene un factor para la causa se obtiene la siguiente tabla (Tabla 6.19) con la clasificación:

Causa con un factor	Frecuencia	Porcentaje
Calor (calor, calentamiento, temperatura dentro de la botella)	19	30.15 %
Humo (aire, gases)	11	17.46 %
Características físicas (huevo hervido, botella de vidrio, hevo resbaloso)	6	9.52 %
Pérdida de oxígeno (salida del oxígeno, quedarse sin aire)	6	9.52 %
Vapor (sudó la botella, evaporación)	5	7.93 %
Fuego (lumbre, fuego, quemar)	4	6.34 %
Relacionado con los cerillos (apagado del cerillo, prendido del cerillo)	3	4.76 %
Sustancia de los cerillos (tóxicos del cerillo)	3	4.76 %

Relacionado con la presión (presión del gas, humo, huevo, fuego, etc.)	3	4.76 %
Necesidad de oxígeno	1	1.58 %
Relacionado con la fuerza	1	1.58 %
El cambio	1	1.58 %
Total	63	100 %

Tabla 6.19: Factor en la causa de la Explicación No. 1

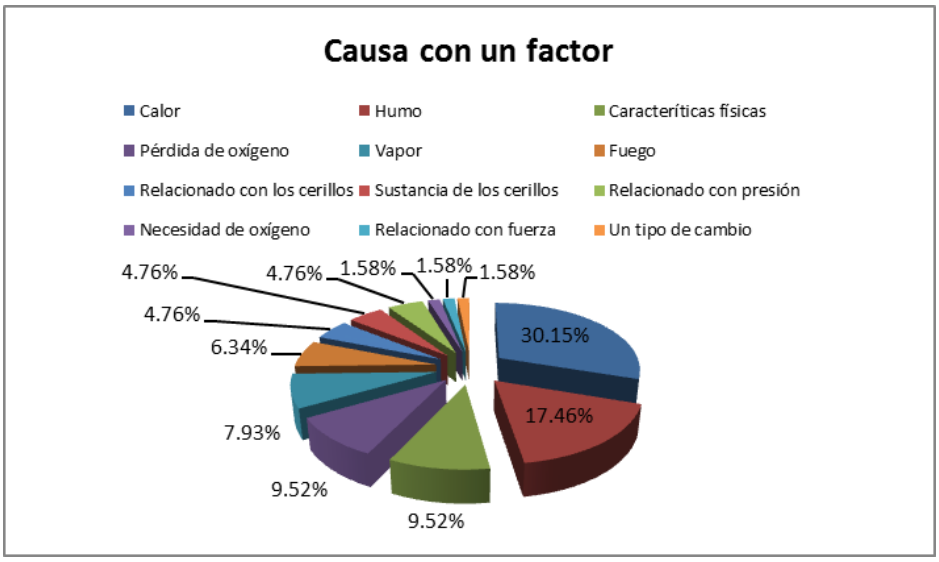


Figura 6.22: Factor en la causa de la Explicación No. 1

Se encontró que la mayoría (30.15 %) trabaja con el factor calor como la causa del fenómeno, le sigue a esta el factor humo con un 17.46 %; las características físicas y la pérdida de oxígeno coinciden en 9.52 %. El resto lo comparten el vapor, fuego, relacionado con los cerillos, sustancia de los cerillos, relacionado con un tipo de presión, relacionado con un tipo de fuerza y necesidad de oxígeno.

2.- Causa con dos factores

En cuanto a las explicaciones que incluyen dos factores en su causa, se tabulan los tipos de factores que se pueden encontrar y la frecuencia de cada uno de

ellos (Tabla 6.20).

Factor	Frecuencia	Porcentaje
Características físicas	11	32.35 %
Calor	7	20.58 %
Relacionado con la fuerza	4	11.76 %
Fuego	3	8.82 %
Relacionado con la presión	2	5.88 %
Humo	2	5.88 %
Pérdida de humo	2	5.88 %
Posición del huevo	1	2.94 %
Vapor	1	2.94 %
Choque de moléculas	1	2.94 %
Total	34	100 %

Tabla 6.20: Factores en la causa de la Explicación No. 1

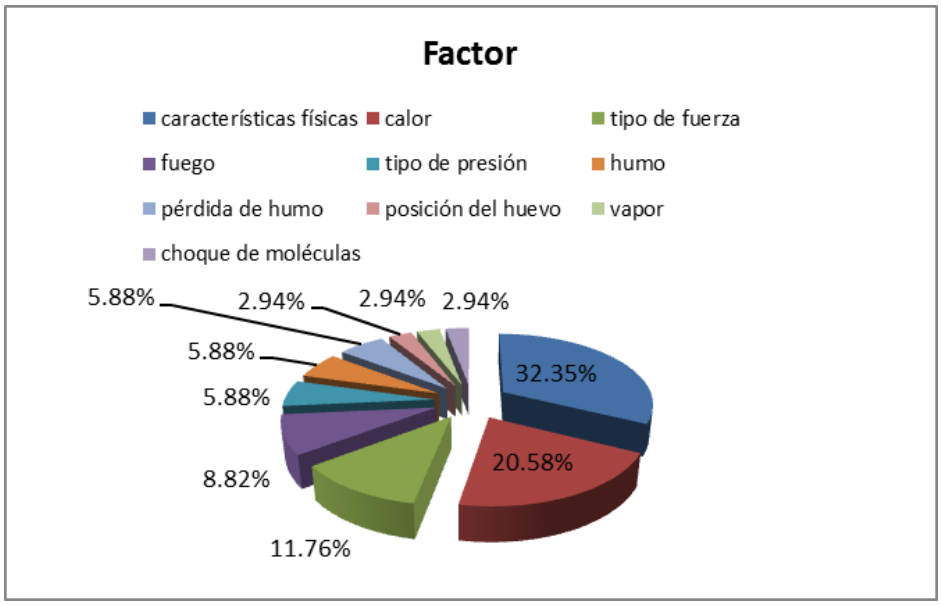


Figura 6.23: Factores en la causa de la Explicación No. 1

Entre los factores más frecuentes: es mencionado 11 veces el factor características físicas (32.35 %), le sigue con 7 veces mencionado el factor calor (20.58 %), 4 veces el factor tipo de fuerza (11.76 %) y 3 veces el factor fuego (8.82 %). Es decir, en el grupo de las explicaciones con dos factores en

su causa, con mayor frecuencia se encuentra el factor características físicas (32.35 %), en segundo lugar el factor calor (20.58 %) y en tercer lugar el factor tipo de fuerza (11.76 %).

Factores en el efecto

El efecto que se localiza en las explicaciones puede incluir de uno a dos factores (Tabla 6.21).

Número de factores en el efecto	No. de estudiantes	Porcentaje
Un factor	74	92.50 %
Dos factores	6	7.50 %
Total	80	100 %

Tabla 6.21: Número de factores en el efecto de la Explicación No. 1

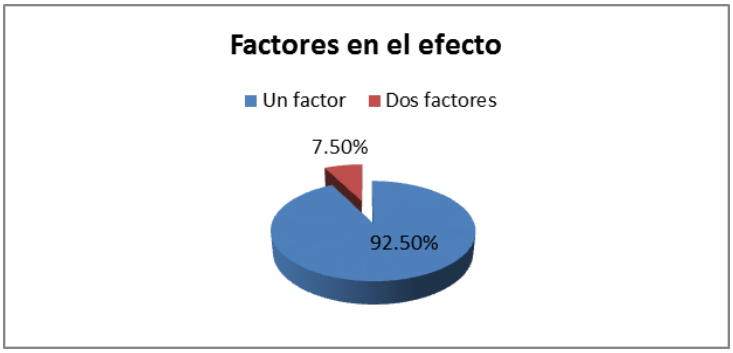


Figura 6.24: Número de factores en el efecto de la Explicación No. 1

El 92.50 % explica con un factor en el efecto y el 7.50 % con dos factores.

1.- Efecto con un factor

De las explicaciones en que sólo se tiene un factor para el efecto, se obtiene la siguiente tabla (Tabla 6.22) con la clasificación:

Efecto con un factor	No. de estudiantes	Porcentaje
Resbala fácilmente (resbala el huevo, es más fácil entrar)	15	20.27 %

Acción de un tipo de fuerza (lo sumergió, lo jaló, lo succionó, lo absorbe, hizo una atracción con el huevo)	15	20.27 %
Deformación o ablandamiento del huevo (se vuelve flexible, se ablanda, cambió de estado, se ablandó el cascarón, el huevo se deshace)	15	20.27 %
Simple entrada del huevo (se pudo meter, cayó, el huevo puede meterse, el huevo entra solo)	15	20.27 %
Deformación o estiramiento de la botella (estira la boca de la botella, se hace grande la boca de la botella, la botella de extiende, se estira)	9	12.16 %
Tipo de fuerza sobre el huevo por falta de aire (jala al huevo para poder jalar más oxígeno, succiona al huevo por falta de aire)	2	2.70 %
Se debilita el huevo o la botella (se hace débil, de debilita, pierde fuerza)	1	1.35 %
Tipo de ayuda no especificada	1	1.35 %
Presión	1	1.35 %
Total	74	100 %

Tabla 6.22: Efecto con un factor de la Explicación No. 1

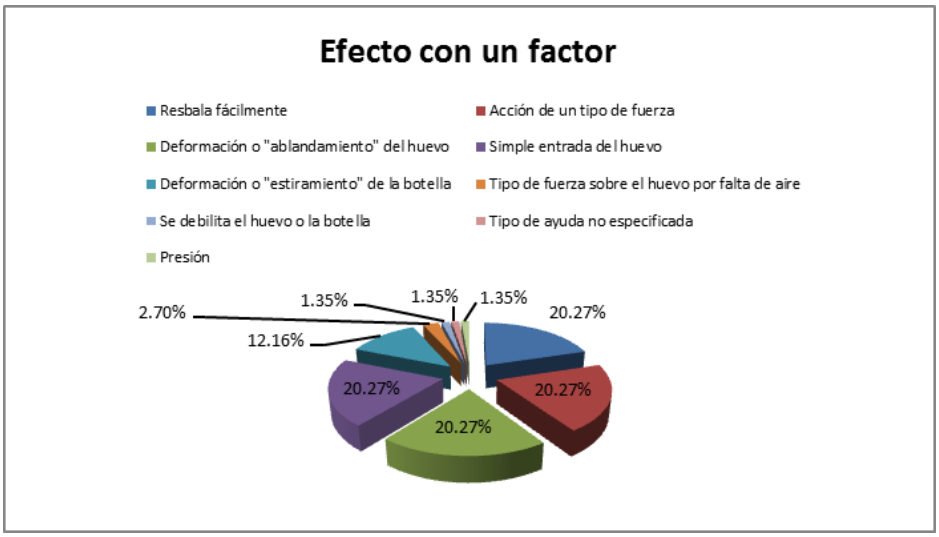


Figura 6.25: Efecto con un factor de la Explicación No. 1

Algunos factores coinciden en 20.27 %: resbala fácilmente, acción de un tipo de fuerza, deformación del huevo y simple entrada del huevo. Les sigue en porcentaje el factor deformación de la botella con 12.16 %, el resto lo comparten: tipo de fuerza sobre el huevo por falta de aire, se debilita, tipo de ayuda y presión, todos ellos para explicaciones con sólo un factor en el efecto.

2.- Efecto con dos factores

En cuanto a las explicaciones que incluyen dos factores en su efecto, se tabulan los tipos de factores que se pueden encontrar y la frecuencia de cada uno de ellos (Tabla 6.23).

Factor	Frecuencia	Porcentaje
Se debilita el huevo o la botella	3	25.00 %
Deformación o ablandamiento del huevo	3	25.00 %
Tipo de fuerza sobre el huevo	2	16.66 %
Resbala fácilmente	1	8.33 %
Al terminarse el oxígeno de crea una presión	1	8.33 %
Se genera vapor y humedad	1	8.33 %
Se reduce el oxígeno	1	8.33 %
Total	12	100 %

Tabla 6.23: Factores en el efecto de la Explicación No. 1

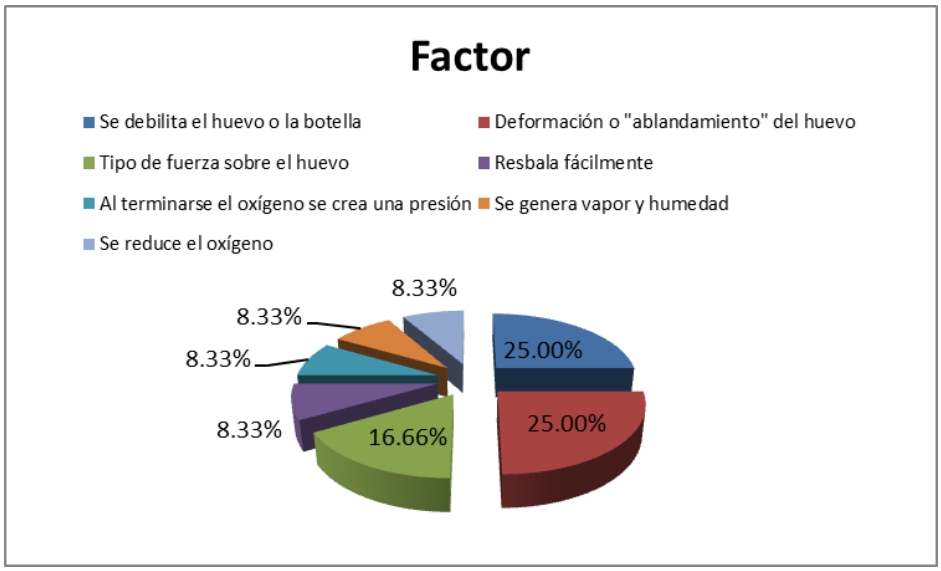


Figura 6.26: Factores en el efecto de la Explicación No. 1

Coinciden en 25.00 % los factores: se debilita el huevo o la botella y deformación o "ablandamiento" del huevo. Con 16.66 % el factor tipo de fuerza sobre el huevo, y el resto coinciden en 8.33 %: resbala fácilmente, se crea una presión, se genera vapor y humedad, se reduce el oxígeno.

6.2.2. Explicación No. 2

Como sugerencia a la tercera indicación, se puede leer: "¿Sabes? Hay quien piensa que el huevo pudo entrar en la botella por la presión que hay dentro y fuera de la botella". La indicación es: "Si el experimento tiene que ver con diferencia de presiones (la de adentro y la de afuera), ¿cómo explicarías lo que pasó?". A continuación se realiza el análisis de los aspectos más relevantes encontrados en las respuestas a la tercera indicación de la encuesta.

6.2.2.1. ¿Se puede considerar como una explicación el experimento?

Para el análisis en este apartado, independientemente si el estudiante toma en cuenta o no la sugerencia anterior a la indicación, la explicación que proporcione del experimento debe poder expresar o hacer visible con la mayor claridad posible mediante el lenguaje escrito, el origen del fenómeno que se observa en el vídeo. Por tal motivo, a continuación se identifican las res-

puestas que son consideradas explicaciones del experimento y las que no corresponden a explicaciones también se incluyen en la tabla (Tabla 6.24).

¿Es una explicación del experimento?	No. de estudiantes	Porcentaje
Sí	82	92.13 %
No	7	7.86 %
Total	89	100 %

Tabla 6.24: Valoración de la Explicación No. 2

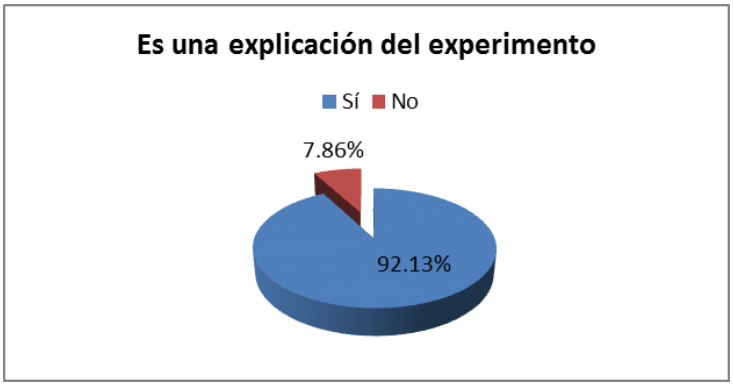


Figura 6.27: Valoración de la Explicación No. 2

El 92.13 % de los estudiantes proporcionan una explicación del fenómeno, sin embargo el resto de respuestas 7.86 % no son consideradas como explicaciones.

Para el análisis posterior de las explicaciones inducidas se eliminan las 7 respuestas (7.86 %) que no proporcionan una explicación del mismo. Es decir, en adelante se trabaja sólo con 82 estudiantes.

6.2.2.2. Explicación en términos de la presión dentro y fuera de la botella

Ante la sugerencia de explicar el fenómeno en términos de la presión interior y la exterior a la botella, se espera que el estudiante exprese una nueva explicación que incluya dichas presiones. Los resultados se muestran en la Tabla 6.25.

Explicación en términos de ambas presiones	No. de estudiantes	Porcentaje
Sí	16	19.51 %
No	66	80.48 %
Total	82	100 %

Tabla 6.25: Consideración de la sugerencia para la Explicación No. 2

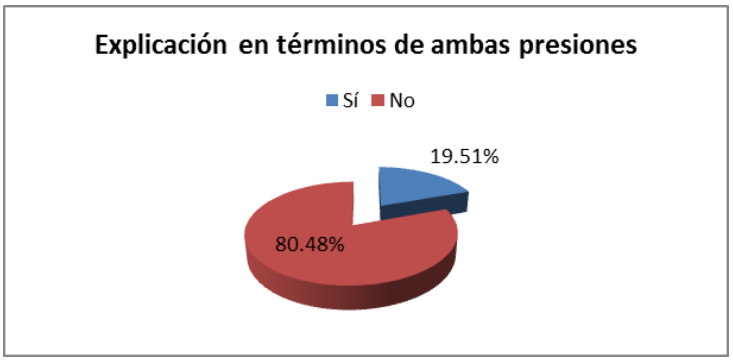


Figura 6.28: Consideración de la sugerencia para la Explicación No. 2

El 19.51 % ofrece una explicación en términos de ambas presiones y el 80.48 % no lo hace.

6.2.2.3. La presión mayor

A pesar de que no todos los estudiantes explican en términos de ambas presiones, se contabilizan las opiniones para la presión que consideran es mayor (Tabla 6.26).

La presión es mayor	No. de estudiantes	Porcentaje
Afuera	5	6.09 %
Adentro	33	40.24 %
No dice	44	53.65 %
Total	82	100 %

Tabla 6.26: Ubicación de la presión mayor

El 6.09 % piensa que la presión mayor es la de afuera de la botella, 40.24 %

la de adentro y el 53.65 % no decide. Es decir, la mayoría (53.65 %) no decide una presión mayor. Pero de los que sí deciden, la mayoría (86.84 %) considera que la presión mayor se encuentra dentro de la botella.

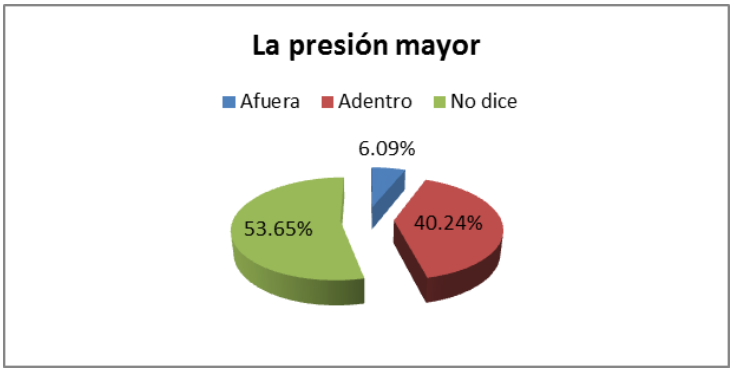


Figura 6.29: Ubicación de la presión mayor

6.3. Consideraciones para el nivel de entendimiento en la taxonomía SOLO

A continuación se categoriza el desempeño de habilidades de alto nivel intelectual de los estudiantes, atendiendo a la clasificación propuesta por la taxonomía SOLO (Biggs y Collins, 1982), como una herramienta sencilla y útil para evaluar la calidad de lo que aprende un estudiante, en este caso, estudiantes de bachillerato en torno al concepto de presión atmosférica.

Como resultado del conflicto cognitivo en el que se encuentra el estudiante ante la sugerencia de explicar en términos de la presión dentro y fuera de la botella, pueden identificarse diferencias entre la Explicación No. 1 (explicación inicial) y la Explicación No. 2 (explicación inducida). Algunas de estas diferencias y otros aspectos que se revisan a continuación nos ayudan en la tarea de ubicar a cada uno de los estudiantes en alguno de los 5 niveles de entendimiento de la taxonomía SOLO. Debido a que hay respuestas (ya sea para la indicación 1 o 2) que no clasifican como explicaciones del experimento; para este apartado, en que se comparan las explicaciones No. 1 y No. 2 se trabaja sólo con 74 explicaciones.

6.3.1. ¿Cambia su explicación inicial?

Tomar en cuenta la sugerencia antes mencionada abre la posibilidad de que el estudiante pueda tener un mayor acercamiento a la explicación aceptada por la comunidad científica. Como primer paso, se comparan las explicaciones 1 y 2 que pueden o no ser distintas entre sí, como se observa en la Tabla 6.27.

¿Cambia su explicación inicial?	No. de estudiantes	Porcentaje
Cambia un poco	38	51.35 %
Cambia completamente	35	47.29 %
No cambia	1	1.35 %
Total	74	100 %

Tabla 6.27: Cambio ante la sugerencia en la Explicación No. 2

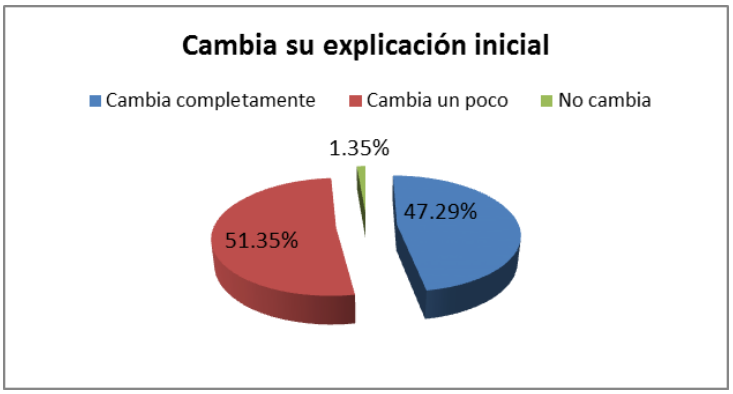


Figura 6.30: Cambio ante la sugerencia en la Explicación No. 2

El 47.29 % cambia completamente su explicación inicial, el 51.35 % la cambia sólo un poco, y el 1.35 % no cambia.

6.3.2. ¿Qué pasa con la nueva idea?

La idea que se presenta en forma de sugerencia, es decir, la idea de que la entrada del huevo a la botella se debe a una diferencia de presiones (básicamente entre la presión dentro y fuera de la botella) es tratada de distintas maneras entre cada estudiante (Tabla 6.28).

¿Qué pasa con la nueva idea?	No. de estudiantes	Porcentaje
La adapta a su idea inicial	34	45.94 %
La adopta	25	33.78 %
Sólo logra responder en términos de presiones	7	9.45 %
Sólo cambia un poco su explicación inicial	4	5.40 %
Da otra explicación	3	4.05 %
No cambia	1	1.35 %
Total	74	100 %

Tabla 6.28: ¿Qué pasa con la nueva idea?

Figura 6.31: ¿Qué pasa con la nueva idea?

El 45.94 % adapta la nueva idea a su concepción inicial, el 33.78 % adopta la nueva idea, el 9.45 % sólo logra responder en términos de ambas presiones pero no describe la causa, y el resto varía entre: sólo cambia un poco su idea inicial, no hay cambios y da otra explicación.

6.3.3. La presión dentro

El estudiante debe identificar la presión dentro de la botella, seguido de la justificación de la misma; como parte de la confirmación de que el estudiante logra su visualización. A continuación se muestra la Tabla 6.29 con el número y porcentaje de estudiantes que en la explicación No. 2 logran identificar la presión dentro de la botella.

Identifica la presión dentro	No. de estudiantes	Porcentaje
Sí	25	33.78 %
No	49	66.21 %
Total	74	100 %

Tabla 6.29: Identificación de la presión dentro de de la botella

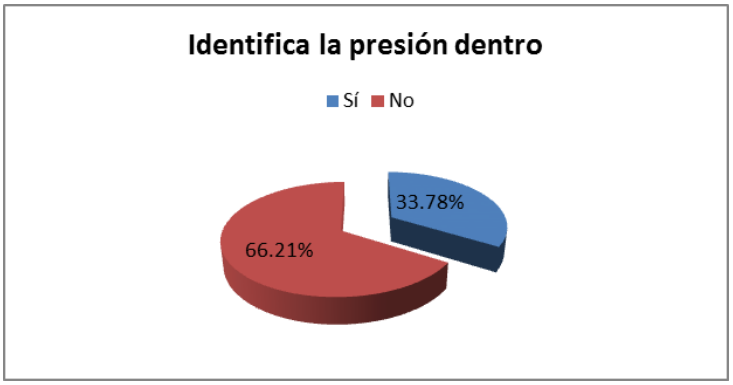


Figura 6.32: Identificación de la presión dentro de la botella

El 33.78 % logra identificar la presión dentro de la botella y el 66.21 % no la identifica.

Por otro lado, del grupo de estudiantes que identifican la presión dentro se obtienen los que además la justifican "correcta" e incorrectamente (Tabla 6.30).

Justifica la presión dentro	No. de estudiantes	Porcentaje
Correctamente	12	48.00 %
Incorrectamente	13	52.00 %
Total	25	100 %

Tabla 6.30: Justificación correcta o incorrecta de la presión dentro de la botella

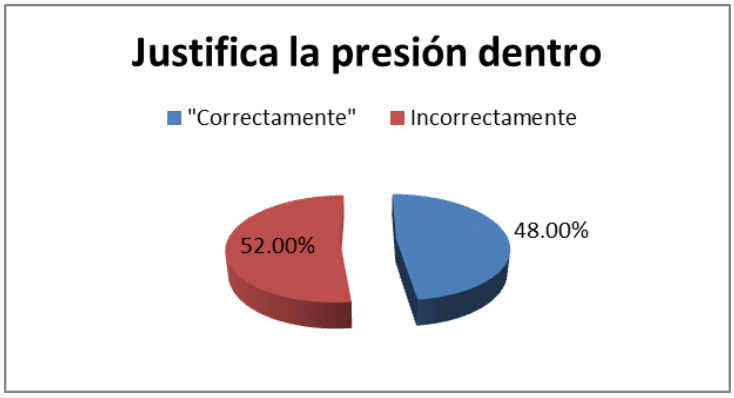


Figura 6.33: Justificación correcta o incorrecta de la presión dentro de la botella

Solamente el 48.00 % justifica "correctamente" la presión dentro y el 52.00 % lo hace incorrectamente.

6.3.4. La presión fuera

El estudiante también debe identificar la presión fuera de la botella, seguido de la justificación de la misma; nuevamente, como parte de la confirmación de que el estudiante logra su visualización. A continuación se muestra la Tabla 6.31 con el número y porcentaje de estudiantes que en la explicación No. 2 logran identificar la presión fuera de la botella.

Identifica la presión fuera	No. de estudiantes	Porcentaje
Sí	11	14.86 %
No	63	85.13 %
Total	74	100 %

Tabla 6.31: Identificación de la presión fuera de la botella

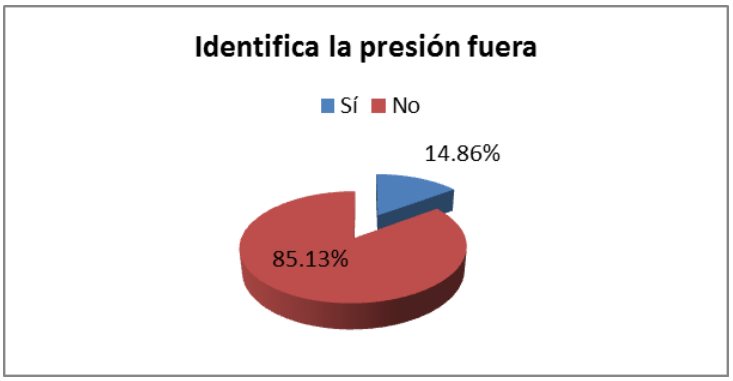


Figura 6.34: Identificación de la presión fuera de la botella

El 14.86 % logra identificar la presión fuera de la botella y el 85.13 % no la identifica.

Por otro lado, del grupo de estudiantes que sí identifican la presión fuera, se obtienen los que además la justifican "correctamente" e incorrectamente (Tabla 6.32).

Justifica la presión fuera	No. de estudiantes	Porcentaje
Correctamente	5	45.54 %
Incorrectamente	6	54.54 %
Total	11	100 %

Tabla 6.32: Justificación correcta o incorrecta de la presión fuera de la botella

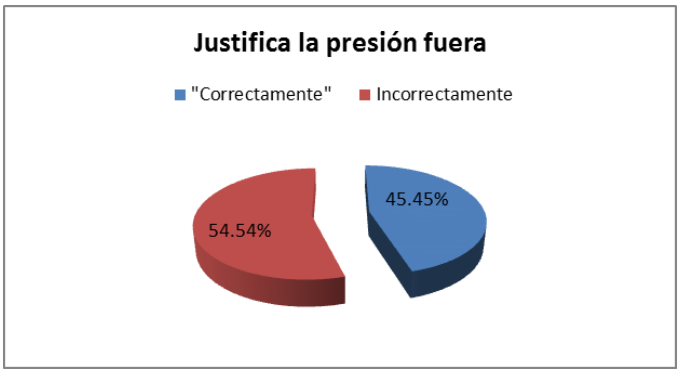


Figura 6.35: Justificación correcta o incorrecta de la presón fuera de la botella

Solamente el 45.45 % justifican "correctamente" la presión fuera y el 54.54 % lo hace incorrectamente.

6.3.5. Confunde el término presión con fuerza

Se destaca el número de estudiantes que confunden el término presión con fuerza, ya que tal confusión es un obstáculo importante para el entendimiento del concepto presión (Tabla 6.33).

Confunde presión con fuerza	No. de estudiantes	Porcentaje
Sí	10	13.51 %
No	64	86.48 %
Total	74	100 %

Tabla 6.33: Confusión entre los términos presión y fuerza

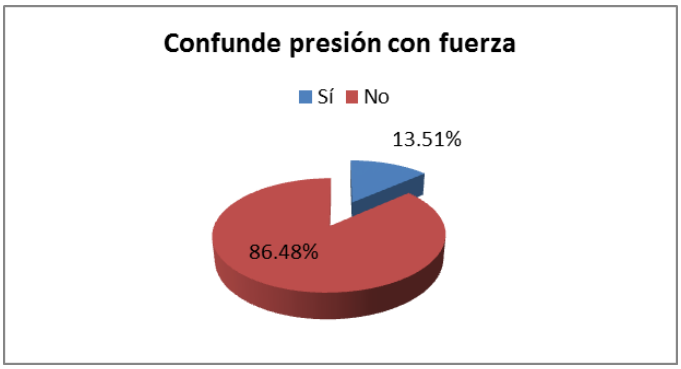


Figura 6.36: Confusión entre los términos presión y fuerza

El 13.51 % confunde presión con fuerza y el restante 86.48 % no lo hace.

6.3.6. Nivel de entendimiento

Finalmente se ubica a cada estudiante en el nivel de entendimiento que corresponde y se elabora una tabla (Tabla 6.34) con la clasificación de acuerdo a los niveles de entendimiento presentes en la muestra. Se toma en cuenta el análisis de la Explicación No. 1, de la Explicación No. 2, la comparación de estas, y los elementos que confirman la visualización de las presiones dentro y fuera de la botella.

Nivel de entendimiento en la taxonomía SOLO	No. de estudiantes	Porcentaje
1.- Pre-estructural	60	81.08 %
2.- Uni-estructural	12	16.21 %
3.- Multi-estructural	2	2.70 %
Total	74	100 %

Tabla 6.34: Ubicación en los niveles de entendimiento en la taxonomía SOLO

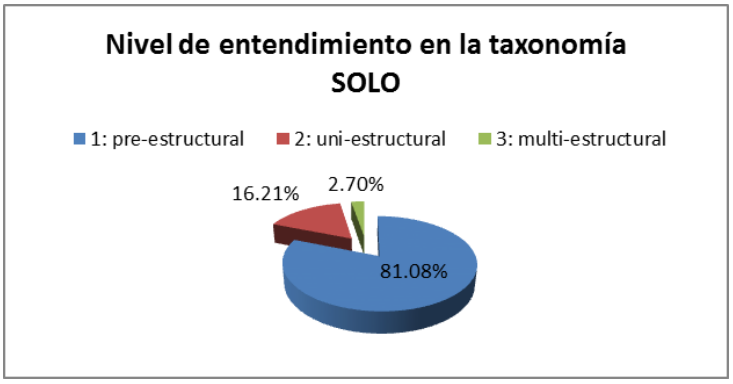


Figura 6.37: Ubicación en los niveles de entendimiento en la taxonomía SOLO

El 81.08 % se ubica en el Nivel 1, el 16.21 % en el Nivel 2 y el 2.70 % en el Nivel 3.

6.3.7. ¿Logra entendimiento?

Los niveles 4 y 5 son el ideal para alcanzar el entendimiento profundo, sin embargo, no es sencillo lograr dicho nivel. A continuación la clasificación se realiza de acuerdo a aquellos que logran: aprendizaje superficial, entendimiento profundo y no logra entendimiento (Tabla 6.35).

¿Logra entendimiento?	No. de estudiantes	Porcentaje
No (Nivel 1)	60	81.08 %
Aprendizaje superficial (Nivel 2 y 3)	14	18.91 %
Entendimiento profundo (Nivel 4 y 5)	0	0.00 %

Total	74	100 %

Tabla 6.35: Entendimiento individual con base en los niveles de la taxonomía SOLO

El 81.08 % no logra entendimiento, el 18.91 % sólo alcanza aprendizaje superficial y el 0.00 % alcanza el entendimiento profundo.

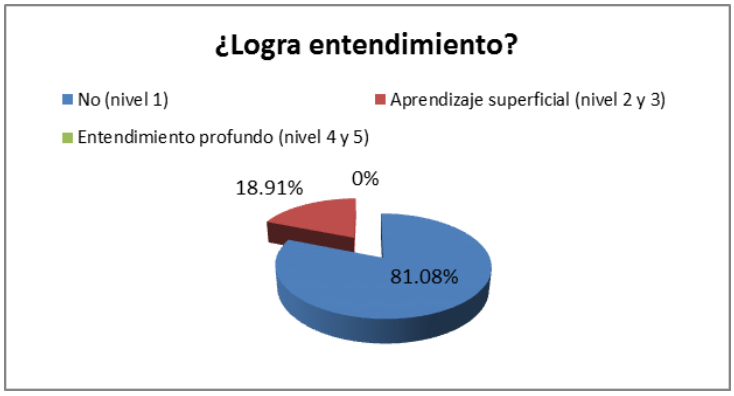


Figura 6.38: Entendimiento individual con base en los niveles de la taxonomía SOLO

6.4. Ideas previas

Para el análisis de las ideas previas en primer lugar se identifican las ideas que los estudiantes utilizan para interpretar el fenómeno físico observado en el experimento "huevo que entra en la botella". Enumeradas de acuerdo al número de estudiante:

1: "calentaron la botella y fue por ese hecho que resbaló con facilidad hacia adentro"

2: "el calor actuó con la botella debilitándola así para que ello le diera forma y el huevo pudiese entrar"

3: "por el mismo calor que tenía la botella al ser metidos los cerillos prendidos, fue como se metió el huevo por su mismo calor y presión del huevo"

4: “porque la sostiene la botella y después el huevo se cae dentro de la botella”

5: “porque lo sumergió el aire o gases”

6: “porque el huevo estaba hervido y con el cerillo que metieron el huevo tapó el conducto por donde se liberaría el aire y como el huevo está un poco flexible se metió por la presión del humo”

7: “porque estaba hervido y la botella como es de vidrio eso hace que resbale porque adentro meten humo entonces por eso el huevo pudo meterse a la botella porque el huevo estaba hervido”

8: “cuando le echaron el cerillo cuando pusieron el huevo hizo que sudara la botella y así resbalará fácilmente el huevo”

9: “al calentar la parte superior de la botella la clara de huevo se calienta y al introducirse el humo en la botella el humo hace que resbale el huevo y entre a la botella fácilmente porque así resbala más fácil”

10: “por el calor que tenía la botella hizo una atracción con el huevo”

11: “el humo del cerillo es lo que hace que el huevo pueda meterse en la botella”

12: “tal vez la temperatura o la densidad del humo del fósforo hizo una reacción a la botella o al huevo”

13: “el fuego hizo que la boca de la botella se estirara y con su peso de huevo pudo forzarse y poder entrar a la botella”

14: “por la temperatura a la que se mantenía la botella hizo que el huevo pudiera meterse adentro de la botella”

15: “se pudo captar que la superficie ayudó el huevo por la fuerza de gravedad”

16: “con el vapor del cerillo y el sudor del huevo se resbaló hasta que pasó o se pudo ablandarse la cascarón del huevo”

17: “al meter el cerillo en la botella produjo humo y el humo hizo que hiciera poder resbalar al huevo para meterse en el cuello de la botella”

18: “porque la botella al meter la lumbre se pudo haber estirado”

19: “tanto el huevo como la botella fueron perdiendo fuerza y la botella se calentó y el huevo igual, haciendo que el huevo perdiera su figura original, y poder entrar en la botella sin ningún problema haciendo que el huevo se fuera cociendo con el vapor”

20: “a la hora de meter el cerillo y después poner el huevo arriba como se pierde el oxígeno adentro de la botella y así se puede meter el huevo con facilidad”

21: “le pusieron un poco de fuego y al calentarse genera calor pues se pudo sostener el huevo”

22: “tuvo que ver algo con que pusieran al cerillo adentro y luego de lo que pusieran se observa cómo el huevo va agarrando otra forma y va bajando para meterse a la botella”

23: “porque el cerillo se apagó y lo atraía hacia adentro de la botella”

24: “con lo caliente que se puso la botella como que se fue ablandando el cascarón del huevo más o menos como si fuera plástico el huevo y entonces el caliente produjo que el huevo se pudiera ablandar para así poder meterse en la botella de plástico para ver lo que pasa más o menos con la humedad. Entonces fue por eso que el huevo se metió”

25: “por el calor que había en la botella, pienso que como a lo mejor la botella es de plástico quizá pudo estirarse un poco y así fácilmente se introdujo el huevo”

26: “por la fuerza o acción que hizo los cerillos con el humo provoca una acción que su reacción fue que el permitiera que el huevo cambiara de estado a su estado normal”

27: “dependiendo del calor que provocaron los cerillos, el huevo se podría haber puesto débil y pudo caerse fácilmente, el mismo calor era capaz de jalar al huevo”

28: “al encender los cerillos el aire de la botella se calentó y al poner el huevo el aire que es menos denso succiona al huevo y el aire que es más denso empujó al huevo y así se logra meter”

29: “pues por prenderle un cerillo y acercarlo a la botella pudo ser que el espacio que tiene la botella pudo aumentar de ancho y por eso el huevo entró en ella”

30: “al momento de poner un poco el cerillo en la botella se calentó y con el peso del huevo cayó fácilmente”

31: “al momento de encender eso salió todo el oxígeno y como pusieron rápidamente el huevo hizo que lo succionara por falta de aire y como no tenía por donde jalar aire lo succionó”

32: “con el humo como que se ablandó el huevo y es lo que ocasiona que el huevo estuviera blando y es donde se fue metiendo a la vez”

33: “el cerillo hizo que la botella se anchara, por lo cual el huevo fue metiéndose”

34: “el humo como está caliente pudo entrar el huevo”

35: “cuando le metió el cerillo puso el huevo encima para no dejar aire adentro, entonces este se quedó sin aire y por eso se apagó el cerillo, luego este jaló el huevo hacia adentro sin tener problemas de que se rompiera”

36: “porque el huevo es hervido y que el calor que los cerillos proporcionaron hicieron que el huevo se estirara hasta caer dentro de la botella de vidrio”

37: “al introducir el cerillo a la botella este se apagó y todo el humo salió, bueno, el huevo es quien impide que el humo salga, pero ya que el humo se impregna sobre el huevo, donde sucede una reacción que hace que el huevo lentamente vaya deslizándose por la boca de la botella hasta introducirse totalmente”

38: “al poner el cerillo encendido en la botella provocó un gas que quedó dentro de la botella y al colocar el huevo en el orificio de la botella el gas hizo que se pusiera un poco menos duro y pudiera desplazarse”

39: “al introducir un cerillo a la botella se queda el humo (vapor), que hace una fuerza de atracción y jala al huevo cuando es colocado en la punta de la botella”

40: “al soltar el cerillo esto genera calor porque la botella es de vidrio y el huevo hervido, y por el poco calor lo absorbe hacia adentro y esto genera un tipo de atracción, y el huevo no se rompe porque está hervido”

41: “a la hora de la pequeña evaporación sufre un cambio el huevo y es por eso que se mete adentro de la botella”

42: “porque es hervido y lo puso en vertical de esa forma entró sin dificultad”

43: “al prender fuego a la botella se hace débil y así se puede resbalar o entrar más fácil el huevo, ya que tal vez el huevo pudo ser hervido o puesto en un recipiente con vinagre por 3 días, eso hace que el huevo cambie y pueda rebotar como pelota e incluso disminuir su volumen”

44: “porque la botella era de vidrio y le metieron un cerillo, y en seguida la taparon con el huevo, y al ya no haber oxígeno dentro de la botella y como el huevo era hervido éste se puso más blando por lo mismo del calor que se había generado dentro y por eso que el huevo pudo meterse dentro de dicha botella”

45: “a la hora de introducir un fósforo prendido en la botella dispersó humo, y luego lo tapó con el huevo, esto hace que el humo genere vapor dentro de la botella, al hacer vapor genera humedad, y esto hace que la cáscara de huevo se ablande rápido o es más frágil, y eso hace que el huevo pueda introducirse en la botella y también por la gravedad y el peso del huevo”

46: “al meter los fósforos tendrían una sustancia que hizo que la botella se fuera abriendo con el peso del huevo”

47: “podría ser por el aumento de temperatura al introducir el cerillo, ya que el huevo ya estaba hervido, así que pudo ser más fácil entrar en la botella, o por el gas que tenía que salir, esto originó que el huevo tuviera esta reacción”

48: “al introducir en la botella de vidrio un cerillo encendido y después colocar el huevo hervido esto generó que el humo saliera por los huecos que había entre el huevo hervido y la botella, al salir el humo generó que este resbalara hacia el fondo de la botella”

49: “al apagarse los cerillos liberan un humo el cual va como jalando al huevo hervido”

50: “porque el oxígeno que se encontraba en el interior de la botella se fue

reduciendo con el calor, y por la presión que crea al terminarse el oxígeno, y es por eso que el huevo es contraído hacia el interior de la botella"

51: "se genera vapor y es cuando el huevo hervido logra resbalar y logra entrar"

52: "por la presión que tenía al contener un poco de fuego dentro de la botella. También es por la atracción de magnetismo"

53: "porque en la botella se puso a calentar por medio de un cerillo y este sufrió un cambio y esto provocó que se hiciera un poco grande para que se pudiera meter el huevo"

54: "este fuego succiona el aire, haciendo que el huevo hervido vaya entrando lentamente al frasco"

55: "porque este era un huevo hervido al parecer estaba blando y este fue resbalándose por la botella cuando encendieron un cerillo tal vez ya estaba un poco caliente, es un fenómeno físico, que solo de experimentación pudo suceder esto"

56: "al calentarse la botella el huevo se deshacía y cayó"

57: "porque la botella tiene aire dentro al introducir los cerillos estos se apagan lo que provoca que salga humo, y al chocar las moléculas unas contra otras estas provocan una fuerza de atracción que hace que se succione el huevo"

58: "porque está hervido y así se pudo meter"

59: "la botella es de vidrio y prendiendo el cerillo y echándole adentro conservó el calor y ablandó el cascarón"

60: "porque estaba hervido y estaba como gelatina, cambió de estado"

61: "porque está cocido y por un fenómeno físico"

62: "por el líquido químico, ¿no?"

63: "al ponerse el huevo en la boca de la botella surge un cambio que hace que el huevo se ablande"

64: “al poner el cerillo en la botella surge un cambio caliente que va dejando que la botella se extienda así puede entrar el huevo”

65: “por un fenómeno físico”

66: “porque se calentó o no sé”

67: “por la presión del gas”

68: “por la presión del fuego”

69: “porque se fue ablandando y por la presión del fuego”

70: “porque el fuego necesita oxígeno, primero le metieron cerillos y pusieron el huevo, el huevo evitaba el paso de oxígeno, el fuego jalaba oxígeno, como el huevo le estorbaba lo jaló para poder jalar más oxígeno”

71: “el fuego al momento de meterlo lo toman con el huevo, al terminarse el oxígeno jala el huevo” 72: “se acabó el fuego y jaló al huevo porque ya no había oxígeno”

73: “el humo lo succiona el huevo por eso se metió”

74: “porque el humo lo succiona”

75: “por el alcohol que tenía la botella”

76: “el calor hizo que el huevo se traigo hacia el hacer el calor se vuelva flexible”

77: “el calor hizo que lo jalaran”

78: “al quemar la botella hizo que se hiciera grande la boca de la botella”

79: “no sé”

80: “quién sabe jaja pero pudo ser por los tóxicos del cerillo”

81: “por alguna sustancia que saca el cerillo y hace que el huevo entre solo y así O.o”

82: “no sé”

83: “el calor hizo que el huevo se atrajera hacia el calor y se vuelve flexible”

84: “el vapor hizo que se ablandara más, eso creo”

85: “por el fuego que pudo ayudarlo y casi se vio que lo derritió pero sólo lo ablandó”

86: “porque el huevo está hervido o cocido”

87: “hizo que el huevo se resbalara con la evaporación”

88: “porque el huevo está cocido y así se pudo resbalar más fácilmente”

89: “estaba resbaloso el frasco y por eso se cayó”.

6.4.1. Clasificación de las interpretaciones

Para cada una de las interpretaciones se identifica una combinación específica del tipo causa(s)-efecto(s). La siguiente tabla (Tabla 6.36) muestra las combinaciones específicas y su frecuencia en las explicaciones.

Causa-Efecto					
Causa	**Causa adicional**	**Efecto**	**Efecto adicional**	**No. de explicaciones**	**%**
Humo	No	Tipo de fuerza sobre el huevo	No	5	6.25 %
Calor	No	Deformación del huevo	No	4	5.00 %
Calor	No	Deformación dela botella	No	3	3.75 %
Calor	No	Simple entrada del huevo	No	3	3.75 %

Calor	No	Tipo de fuerza sobre el huevo	No	3	3.75 %
Relacionado con el cerillo	No	Deformación de la botella	No	3	3.75 %
Pérdida de aire, oxígeno	No	Tipo de fuerza sobre el huevo	No	3	3.75 %
Características físicas	No	Simple entrada del huevo	No	3	3.75 %
Vapor	No	Resbala fácilmente	No	3	3.75 %
Humo	No	Resbala fácilmente	No	2	2.50 %
Humo	No	Deformación del huevo	No	2	2.50 %
Relacionado con el cerillo	No	Simple entrada del huevo	No	2	2.50 %
Características físicas	No	Resbala fácilmente	No	2	2.50 %
Vapor	No	Deformación del huevo	No	2	2.50 %
Fuego	No	Deformación de la botella	No	2	2.50 %
Tipo de presión (del gas, del fuego)	No	Simple entrada del huevo	No	2	2.50 %
Características físicas	Calor	Deformación del huevo	No	2	2.50 %
Calor	No	Resbala fácilmente	No	1	1.25 %
Calor	No	Debilitamiento de la botella	No	1	1.25 %

Humo	No	Simple entrada del huevo	No	1	1.25 %
Relacionado con el cerillo	No	Tipo de fuerza sobre el huevo	No	1	1.25 %
Pérdida de oxígeno	No	Simple entrada del huevo	No	1	1.25 %
Pérdida del humo	No	Resbala fácilmente	No	1	1.25 %
Pérdida de oxígeno	No	Tipo de fuerza sobre el huevo por falta de aire	No	1	1.25 %
Característi-cas físicas	No	Deformación del huevo	No	1	1.25 %
Fuego	No	Tipo de fuerza sobre el huevo	No	1	1.25 %
Fuego	No	Deformación del huevo	No	1	1.25 %
Tipo de presión (del fuego)	No	Deformación del huevo	No	1	1.25 %
Tipo de fuerza	No	Deformación del huevo	No	1	1.25 %
No especifica	No	Deformación del huevo	No	1	1.25 %
Necesidad de oxígeno	No	Tipo de fuerza sobre el huevo por falta de oxígeno	No	1	1.25 %
Calor	No	Debilitamiento de la botella y el huevo	Deformación del huevo	1	1.25 %

Calor	No	Debilitamiento del huevo	Tipo de fuerza sobre el huevo	1	1.25 %
Calor	No	Se reduce el oxígeno	Se crea una presión	1	1.25 %
Calor	No	Deformación del huevo	Tipo de fuerza sobre el huevo	1	1.25 %
Humo	No	Genera vapor y humedad	Deformación del huevo	1	1.25 %
Calor	Tipo de presión	Simple entrada del huevo	No	1	1.25 %
Calor	Tipo de fuerza	Simple entrada del huevo	No	1	1.25 %
Calor	Características físicas	Tipo de fuerza sobre el huevo	No	1	1.25 %
Calor	Características físicas	Resbala fácilmente	No	1	1.25 %
Características físicas	Calor	Resbala fácilmente	No	1	1.25 %
Características físicas	Tipo de presión	Simple entrada del huevo	No	1	1.25 %
Características físicas	Humo	Resbala fácilmente	No	1	1.25 %
Características físicas	Tipo de fuerza	Ayuda no especificada	No	1	1.25 %
Características físicas	Posición del huevo	Resbala fácilmente	No	1	1.25 %

Vapor	Características físicas	Resbala fácilmente	No	1	1.25 %
Fuego	Tipo de fuerza	Deformación de la botella	No	1	1.25 %
Fuego	Tipo de fuerza	Resbala fácilmente	No	1	1.25 %
Pérdida del humo	Humo	Resbala fácilmente	No	1	1.25 %
Pérdida del humo	Choque de moléculas	Tipo de fuerza sobre el huevo	No	1	1.25 %
Características físicas	Fuego	Debilitamiento de la botella	Resbala fácilmente	1	1.25 %
Total				80	100 %

Tabla 6.36: Clasificación de las interpretaciones

De las cuales, las combinaciones más representativas son:

Causa	**Causa adicional**	**Efecto**	**Efecto adicional**	**No. de explicaciones**	**%**
Humo	No	Tipo de fuerza sobre el huevo	No	5	6.25 %
Calor	No	Deformación del huevo	No	4	5.00 %
Calor	No	Deformación dela botella	No	3	3.75 %
Calor	No	Simple entrada del huevo	No	3	3.75 %
Calor	No	Tipo de fuerza sobre el huevo	No	3	3.75 %
Relacionado con el cerillo	No	Deformación de la botella	No	3	3.75 %

Pérdida de aire, oxígeno	No	Tipo de fuerza sobre el huevo	No	3	3.75 %
Características físicas	No	Simple entrada del huevo	No	3	3.75 %
Vapor	No	Resbala fácilmente	No	3	3.75 %

Tabla 6.37: Interpretaciones más representativas en combinaciones especificas tipo causa(s)-efecto(s)

6.4.2. Ideas previas subyacentes

En el caso de las interpretaciones comentadas anteriormente, las ideas previas subyacentes son:

La creencia de que los gases sólo tienen propiedades si estos son coloreados.

La certeza de que es sólo una la causa que provoca una cadena de efectos en orden lineal temporal y no una interacción entre sistemas.

La presión en su sentido vulgar confundida con fuerza.

Creencia de que la presión sólo se ejerce de arriba hacia abajo.

La acostumbrada falta de consideración de los efectos de la presión atmosférica.

Confundir los efectos de la presión atmosférica con los efectos causados por el factor aparente (calor, vapor, humo, características físicas de los materiales, etc.) que genera la diferencia de presiones.

Creencia aristotélica del “horror al vacío”.

La predominante presión atmosférica confundida con:

1. fuerza que succiona o atrae hacia abajo a los objetos
2. la creación de un vacío que jala
3. el peso del huevo

4. la fuerza de gravedad
5. una fuerza de atracción entre el calor y el huevo
6. la necesidad de aire al terminarse el oxígeno

6.4.3. Ideas previas persistentes

Finalmente, se muestra el porcentaje de estudiantes con ideas previas persistentes, es decir, estudiantes que a pesar de la sugerencia de explicar el fenómeno en términos de las presiones dentro y fuera de la botella (nueva idea), aún conservan la idea previa que expresan en la explicación No. 1 (Tabla 6.38).

Con ideas previas persistentes	**No. de estudiantes**	**Porcentaje**
Sí	40	54.05 %
No	34	45.94 %
Total	74	100 %

Tabla 6.38: Persistencia de las ideas previas

El 54.05 % de estudiantes mantienen su idea previa y el 45.94 % no lo hace.

Conclusión

Encontramos que la ligera diferencia entre los porcentajes de mujeres y hombres (7.87 %) implica que la muestra con que se trabajó es representativa de la población.

Del análisis en descripciones. La mayoría (53.33 %) describe a partir de la Etapa No. 3. El 40.00 % no menciona todos los materiales, todos ellos coinciden en omitir los cerillos. El desarrollo del experimento como parte central de la descripción; sólo es mencionado por el 49.33 %. De los cuales, el 26.66 % lo expresa de manera incompleta. El 4.00 % no menciona la finalidad del experimento.

También hallamos suposiciones de 2 tipos: debido a la poca atención prestada al video (4.00 %) y por otro lado, suposiciones en torno a los materiales del experimento (25.33 %), de los cuales la mayoría (63.15 %) supone que la botella es de vidrio o plástico. En términos generales, el 22.66 % proporciona una descripción completa, y la mayoría (77.33 %) una descripción incompleta.

Del análisis en Explicación No. 1. El 80.00 % explica a partir de la Etapa No. 3. El 31.25 % supone acerca de los materiales, de los cuales, la mayoría (64.00 %) supone específicamente acerca del huevo. El 21.24 % (de los que suponen acerca de los materiales) considera importante dichas suposiciones para llevar a cabo el fenómeno. De los cuales, el 64.70 % supone que el huevo debe ser hervido. El término presión es mencionado solamente por el 8.75 %, y lo expresan como: “la presión del huevo”, “la presión del humo”, “la presión que crea al terminarse el oxígeno”, “la presión que tenía al contener un poco de fuego”, “la presión del gas” y “la presión del fuego”, pero ninguno menciona la presión atmosférica.

Del análisis en Explicación No. 2. La mayoría (80.48 %) no atiende a la sugerencia. El 53.65 % no logra expresar de manera ya sea explícita o implícita su opinión acerca de una presión mayor. Pero de los que sí lo hacen, el 86.84 %

considera que la presión mayor se encuentra dentro de la botella.

Al comparar las explicaciones. La mayoría (51.35 %) modifica sólo un poco su explicación No. 1, el 47.29 % la cambia completamente y el 1.35 % no la modifica. El 45.94 % adapta la nueva idea a su concepción inicial, el 33.78 % adopta la nueva idea, el 9.45 % sólo logra responder en términos de ambas presiones pero no explica el origen. Se observa lo persistente de las ideas previas. El 33.78 % identifica la presión dentro de la botella, de los cuales, poco menos de la mitad (48.00 %) la justifica "correctamente". Sólo el 14.86 % identifica la presión fuera de la botella, de los cuales, poco menos de la mitad (45.45 %) la justifica "correctamente". El 13.51 % confunde el término presión con el término fuerza. Proveniente de la confusión en el lenguaje cotidiano.

Tomando en cuenta el análisis de descripciones, el análisis de explicaciones, la comparación de las mismas y otras consideraciones. En términos generales, la mayoría de los estudiantes (81.08 %) se ubica en el Nivel 1, el 16.21 % en el Nivel 2 y el 2.70 % en el Nivel 3 de la taxonomía SOLO. Lo que significa que sólo el 18.91 % alcanza aprendizaje superficial, ningún estudiante el entendimiento profundo y la mayoría de la muestra (81.08 %) no logra entendimiento.

Del análisis de las ideas previas. Las interpretaciones más representativas son: con 6.25 %.- el humo provoca un tipo de fuerza sobre el huevo, con 5.00 %.- el calor provoca una deformación en el huevo, con 3.75 %.- el calor provoca una deformación en la botella.

Las ideas previas subyacentes involucran entre otras: la creencia de que los gases sólo tienen propiedades si estos son coloreados, la certeza de que es sólo una la causa que provoca una cadena de efectos en orden lineal temporal y no una interacción entre sistemas, la presión en su sentido vulgar confundida con fuerza, creencia de que la presión sólo se ejerce de arriba hacia abajo, la acostumbrada falta de consideración de los efectos de la presión atmosférica. En cuanto al experimento en concreto: confundir los efectos de la presión atmosférica con los efectos causados por el factor aparente que genera la diferencia de presiones (calor, vapor, humo, características físicas de los materiales, etc.), la creencia aristotélica del "horror al vacío" y la predominante presión atmosférica confundida con: fuerza que succiona o atrae hacia abajo a los objetos, la creación de un vacío que jala, el peso del huevo, la fuerza de gravedad, una fuerza de atracción entre el calor y el huevo, la necesidad de aire al terminarse el oxígeno. Poco más de la mitad de los estudiantes (54.05 %) tiene ideas previas persistentes.

Comentarios finales

Las ideas de los estudiantes que se utilizan para la interpretación del fenómeno son de origen sensorial, ya que las causas más comunes del fenómeno son el calor, el humo y las características físicas de los materiales son de carácter perceptivo.
La etapa a partir de la cual describen y explican nos muestra la tendencia a explicar los cambios más que los estados de equilibrio.
La dirección de su razonamiento es una secuencia causal lineal, ya que no percibe la interacción de sistemas.
En el análisis causal la tendencia a creer que existe una semejanza entre las causas y los efectos, específicamente la tendencia a creer en la contigüidad espacial entre causa y efecto. De origen cultural, la confusión de significados presión y fuerza.

Podemos observar que todas dichas ideas actúan como obstáculos epistemológicos para la comprensión de la presión atmosférica, tal como sucedió en el siglo XVII.

Este análisis pretende ofrecer un panorama acerca de la visión del estudiante en la descripción e interpretación de un fenómeno relacionado con la presión atmosférica, como punto de partida y de referencia para el diseño de estrategias de enseñanza-aprendizaje con base en un marco teórico y contextual justificado para la introducción del concepto de presión atmosférica en cursos de física.

Bibliografía

[1] Arons, A. (1981). Thinking, Reasoning and Understanding in Introductory Physics Courses. *Physics Teacher,* Vol. 19(3), pp. 166-172.

[2] Bachelard, G. (1972). *La formación del espíritu científico.* Siglo XXI. Buenos Aires.

[3] Camacho, F. F., Tovar, M. M. E., Vega, M. E. J., Bello, G. S., Gamboa, R. F. , Castañeda, M. R., Alvarado, Z. C., Chamizo, G. J. A., Cruz, C. J. M., Gallegos, C. L., Sosa, F. P., López A. D. y Mota & Valdez, A. S. (2004). Ideas Previas. Disponible en: http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/index.php

[4] Caramazza, A., McCloskey, M., & Green, B. (1981). Naive beliefs in "sophisticated" subjects: Misconceptions about trajectories of objects. *Cognition,* Vol. 9(2), pp. 117-123.

[5] Carrascosa-Alis, J., & Gil-Pérez, D. (1987). Diferencias en la evolución de preconceptos de mecánica y de química. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas,* pp. 167-168.

[6] Chamizo, J. A., Sosa, P. & Zepeda, S. (2005). *Análisis de las ideas previas de la química, Enseñanza de las Ciencias,* Número extra, VII Congreso, pp. 1-5.

[7] Champagne, A. B., Klopfer, L. E. & Anderson, J. H. (1980). Factors influencing learning of classical mechanics. *American Journal of Physics,* Vol. 48, pp. 1074-1079.

[8] Clement, J. (1982). Student's preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of physics,* Vol. 50(1), pp. 66-71.

[9] Clerk, D., & Rutherford, M. (2000). Language as a confounding variable in the diagnosis of misconceptions. *International Journal of Science Education,* Vol. 22(7), pp. 703-717.

[10] Cubero, R. (1994). Concepciones alternativas, preconceptos, errores conceptuales...¿distinta terminología y un mismo significado?. *Investigación en la Escuela,* Vol. (23), pp. 33-42.

[11] De Posada-Aparicio, J. M. (2000). El estudio didáctico de las ideas previas. *Didáctica de las ciencias experimentales: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias,* pp. 363-388. Editorial Marfil.

[12] Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias,* Vol. 4(1), pp. 3-15.

[13] Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias,* Vol. 6(2), pp. 109-120.

[14] Duit, R. (1983). Some methods for evaluating the meaning of concept names. *In Proceedings of the international seminar on Misconceptions in Science and Mathematics,* June (pp. 20-22).

[15] Erickson, G. (2000). Research programmes and the student science learning literature in R. Millar, J. Leach and J. Osborne (Eds.), *Improving Science Education,* pp. 271-292.

[16] Flores, F., & Gallegos, L. (1998). Partial possible models: An approach to interpret students' physical representation. *Science Education,* Vol. 82(1), pp. 15-29.

[17] Fuller, R. G. (1994). Solving Physics Problems–How Do We Do It?. *Physics Today,* Vol. 35(9), pp. 43-47.

[18] Gil-Pérez. D., & Guzmán-Ozamis. M. (2001). Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. Editorial Popular SA/Ministerio de Educación y Ciencia, España.

[19] Gilbert, J. K., & Watts, D. M. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in science education. *Studies in Science Education,* Vol. 10, pp. 61-98.

[20] Goldberg, F. M., & Anderson, J. H. (1989). Student Difficulties with Graphical Representations of Negative Values of Velocity. *Physics Teacher,* Vol. 27(4), pp. 254-60.

[21] Greca, I. M., & Moreira, M. A. (1997). The kinds of mental representations-models, propositions and images-used by college physics students regarding the concept of field. *International Journal of Science Education,* Vol. 19(6), pp. 711-724.

[22] Grizalez, M. A., Bermeo, D., Agudelo, J. M., & Sánchez, N. (2002). Preconceptos y conceptos erróneos acerca de las leyes del movimiento y sus aplicaciones en docentes de educación media que enseñan física en el departamento del Caquetá. *Revista Colombiana de Física,* Vol. 34, pp. 529-531.

[23] Gutiérrez Julián, M. S., Gómez Crespo, M. Á., & Pozo, J. I. (2002). Conocimiento cotidiano frente a conocimiento científico en la interpretación de las propiedades de la materia. *Investigações em Ensino de Ciências.* Vol. 7(3).

[24] Harres, J. B. S. (2005). La física de la fuerza impresa como referente para la evolución de las ideas de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra,* VII Congreso, 1-5.

[25] Hashweh, M. Z. (1986). Toward an explanation of conceptual change. *European journal of science education,* Vol. 3, pp. 383-396.

[26] Hierrezuelo-Moreno, J., & Montero-Moreno, A. (1989). La ciencia de los alumnos: su utilización en la didáctica de la física y la química.

[27] Jiménez-Gómez, E., Solano-Martínez, I., & Marín-Martínez, N. (1994). Problemas de terminología en estudios realizados acerca de "lo que el alumno sabe" sobre ciencias. *Enseñanza de las Ciencias,* Vol. 12(2), pp. 235-245.

[28] Jones, M. G., Carter, G., & Rua, M. J. (1999). Children's concepts: Tools for transforming science teachers' knowledge. *Science Education,* Vol. 83(5), pp. 545-557.

[29] Lahore Alberto, A. (1993). Lenguaje literal y connotado en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias,* Vol. 11(1), pp. 59-62.

[30] Mahmud, M. C., & Gutiérrez, O. A. (2010). Estrategia de Enseñanza Basada en el Cambio Conceptual para la Transformación de Ideas Previas en el Aprendizaje de las Ciencias. *Formación universitaria,* Vol. 3(1), pp. 11-20.

[31] McDermott, L. C. (1997). Bridging the gap between teaching and learning: The role of research. *The changing role of physics departments in modern universities,* Vol. 399(1), pp. 139-166. AIP Publishing.

[32] McDermott, L. C. (1991). Millikan Lecture 1990: What we teach and what is learned—Closing the gap. *American Journal of Physics,* Vol. 59(4), pp. 301-315.

[33] McDermott, L. C. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today,* Vol. 37, pp. 24-32.

[34] McDermott, L. C., Rosenquist, M. L., & Van Zee, E. H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics,* Vol. 55(6), pp. 503-513.

[35] Meneses, J., Patiño, A., & Mejía, H. (1995). Preconceptos y Conceptos erróneos del movimiento de los cuerpos en docentes que enseñan física en el departamento del César. *Universidad Popular del Cesar,* Colombia.

[36] Mora, C., & Herrera, D. (2009). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin-American Journal of Physics Education,* Vol. 3(1), pp. 13.

[37] Municio, J. I. P., Pozo, J. I., & Crespo, M. Á. G. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico.* Ediciones Morata, Madrid.

[38] Osborne, R., & Freyberg, P. (1985). Learning in Science. *The Implications of Children's Science,* Heinemann Educational Books, Inc., 70 Court Street, Portsmouth, NH 03801.

[39] Osborne, R. J., & Gilbert, J. K. (1980). A technique for exploring students views of the world. *Physics Education,* Vol. 15(6), pp. 376-379.

[40] Osborne, R. J., & Wittrock, M. C. (1983). Learning science: A generative process. *Science education*, Vol. 67(4), pp. 489-508.

[41] Pesa, M., Cudmani, L., & Moreira, M. (1997). Sistematización de los resultados alcanzados en las investigaciones sobre concepciones alternativas. *Memorias de la X Reunión Nacional de Educación en la Física*, Mar del Plata.

[42] Peters, P. C. (1982). Even honors students have conceptual difficulties with physics. *American Journal of Physics,* Vol. 50(6), pp. 501-508.

[43] Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education,* Vol. 66(2), pp. 211-227.

[44] Pozo, J. I. (1989). Teorías cognitivas del aprendizaje. Ediciones Morata.

[45] Pozo, J. A., Sanz, A., Crespo, G., & Limón, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias,* Vol. 9(1), pp. 83-94.

[46] Reif, F. (1997). How we can help students acquire effectively usable physics knowledge?. *In The changing role of physics departments in modern universities,* Vol. 399(1), pp. 179-196. AIP Publishing.

[47] Reif, F., & Larkin, J. H. (1991). Cognition in scientific and everyday domains: Comparison and learning implications. *Journal of Research in Science Teaching,* Vol. 28(9), pp. 733-760.

[48] Rodrígo, M. J. (1997). Del scenario socio-cultural al constructivismo episódico: un viaje al conocimiento escolar de la mano de las teorías implícitas. *La construcción del conocimiento escolar,* 177.

[49] Taber, K. S. (2000). Multiple frameworks?: Evidence of manifold conceptions in individual cognitive structure. *International Journal of Science Education,* Vol. 22(4), pp. 399-417.

[50] Thijs, G. D., & Van Den Berg, E. D. (1995). Cultural factors in the origin and remediation of alternative conceptions in physics. *Science and Education,* Vol. 4(4), pp. 317-347.

[51] Trowbridge, D. E., & McDermott, L. C. (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension. *American journal of Physics,* Vol. 48(12), pp. 1020-1028.

[52] Trowbridge, D. E., & McDermott, L. C. (1981). Investigation of Student Understanding of the Concept of Acceleration in One Dimension. *American journal of Physics,* Vol. 49(3), pp. 242-253.

[53] Van Heuvelen, A. (1991). Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies. *American Journal of Physics,* Vol. 59(10), pp. 891-897.

[54] https://prezi.com/wanptvyqwf21/ideas-previas-fisica/

[55] Hewson, P. W. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education,* Vol. 3(4), pp. 383-396.

[56] Helm, H. (1980). Misconceptions in physics amongst South African students. *Physics Education,* Vol. 15(2), pp. 92-105.

[57] Osborne, R. J., Bell, B. F., & Gilbert, J. K. (1983). Science teaching and children's views of the world. *European Journal of Science Education,* Vol. 5(1), pp. 1-14.