

Utilización de imágenes para la detección de concepciones alternativas: un estudio exploratorio con estudiantes universitarios

Susana Aguilar, Carla Maturano y Graciela Núñez

Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales (I.I.E.C.E.). Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes. Universidad Nacional de San Juan. República Argentina. E-mails: cmatur@speedy.com.ar; carlamaturano@hotmail.com

Resumen: En este trabajo pretendemos indagar las concepciones de estudiantes universitarios sobre contenidos de Física a partir del análisis de imágenes. El tema seleccionado para este estudio exploratorio es el movimiento de los cuerpos que son atraídos por la gravedad cerca de la superficie terrestre. En esta investigación proponemos la utilización de imágenes que involucran lenguajes con diferentes niveles de abstracción y el uso de consignas abiertas para su interpretación, en la indagación de concepciones alternativas. La investigación incluye el diseño y aplicación de un instrumento para que los estudiantes expliciten sus ideas antes del tratamiento de los temas en clase y al finalizar esta instancia. Los resultados muestran que esta metodología ha facilitado la expresión abierta de las ideas de los estudiantes, tanto las que coinciden con el conocimiento científico como las que muestran concepciones alternativas. Detectamos otras concepciones diferentes a las investigadas sobre el movimiento correspondientes a dificultades en el uso e interpretación de los lenguajes verbal, gráfico y formal, que requerirían intervención didáctica. Consideramos que las respuestas obtenidas reflejan las ideas de los estudiantes en forma más fidedigna que los cuestionarios tradicionales, debido a que las imágenes los enfrentan al fenómeno o a su representación simbólica en forma directa. Esta metodología permite una obtención de datos más versátil en función del grado de iconicidad usado en la imagen seleccionada: a mayor grado de iconicidad, mayor posibilidad de captar el conocimiento cotidiano del alumno y a menor grado de iconicidad (o mayor grado de simbología) mayor tendencia a captar el conocimiento académico.

Palabras clave: imágenes, movimiento, concepciones alternativas

Title: Use of images for the detection of alternative conceptions: an exploratory study with university students.

Abstract: In this work we attempt to find out the conceptions of university students about Physics contents through an analysis of images. The topic selected for this exploratory study is the movement of bodies which are attracted by gravity near the surface of the earth. In this research we propose the use of images which involve languages with different levels of abstraction and the use of open questions for their interpretation, in the inquiry of alternative conceptions. The research includes the design and application of an instrument so that students make their ideas explicit before and after the topics discussion in class. The results show that the instrument has allowed the students to express openly, not only the ideas which agree with scientific knowledge but also

those which show alternative conceptions. We detected conceptions different from the ones investigated about movement, corresponding to difficulties in the use and interpretation of the verbal, graphic and formal languages, which would require didactic instruction. We think that the answers obtained reflect the students' ideas more clearly than traditional questionnaires do, due to the fact that images face the students with the phenomenon or with its symbolic representation in a direct way. This methodology allows a more versatile data collection based on the degree of iconic representation of the image selected. The greater the degree of iconic representation, the more possibility of getting the student's general knowledge; on the contrary, the lesser the degree of iconic representation (or greater degree of symbolism), the greater tendency to get the student's academic knowledge.

Key words: images, movement, alternative conceptions

Marco teórico

Se han difundido en los últimos treinta años muchas investigaciones referidas a las concepciones alternativas respecto de conocimientos científicos, las cuales han sido estudiadas por numerosos autores y se cuenta con bastante información acerca de sus características y sus posibles causas (Ausubel et al., 1989; Osborne y Freyberg, 1991; Driver et al., 1992; Fumagalli, 1993; Pozo y Gómez Crespo, 1998; Oliva, 1999; Marín Martínez, 1999; Carrascosa, 2005a, 2005b; entre otros).

Las concepciones alternativas representan un modo de pensar espontáneo que se puede encontrar en las conversaciones cotidianas e incluso en muchas lecturas (Viennot, 1979). A los fines de este trabajo, denominaremos concepciones alternativas al conjunto de conocimientos construidos por los estudiantes, diferentes de los científicos, que persisten en el tiempo, representan su modo particular de interpretar el entorno y les permiten actuar en distintas circunstancias.

Según diferentes autores (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Velasco y Garritz, 2003; Aramburu Oyarbide, 2004; Benarroch, 2005; Carrascosa, 2005a; entre otros) las concepciones alternativas poseen ciertas características comunes tales como:

- se repiten insistentemente a lo largo de los distintos niveles educativos sobreviviendo a la enseñanza de conocimientos que las contradicen,
- son construcciones propias de cada sujeto (personales) pero a la vez compartidas por personas de diferentes características, ya que las interacciones que pueden realizar los individuos con su medio son similares,
- se hallan asociadas con frecuencia a una determinada interpretación sobre un concepto científico dado, diferente a la aceptada por la comunidad científica,
- son respuestas que se suelen dar rápidamente y sin dudar, con el convencimiento de que están bien,

- son "equivocaciones" que cometen muchos alumnos de distintos lugares y también, incluso, algunos profesores,
- no son ideas aisladas sino que guardan entre sí una cierta coherencia interna que las refuerza.

Las concepciones alternativas pueden originarse en distintas etapas de la vida en las que establecemos múltiples relaciones a través de la interacción de nuestros sentidos con el medio que nos rodea. La mayoría de los autores coinciden en considerar que las concepciones alternativas provienen de las experiencias cotidianas de los niños, tanto de las físicas (por ejemplo, el observar que los cuerpos más pesados caen más rápido que los más livianos) como de las que surgen de su entorno social, que se adquieren a través de la interacción con otras personas por medio del lenguaje cotidiano. También pueden originarse a partir de la enseñanza por influencia del entorno escolar (docentes, libros de texto, interacciones didácticas que no favorecen las interacciones con las experiencias cotidianas, entre otros).

En el ámbito de la Física, comparada con otros dominios, podemos afirmar que la aparición de las concepciones alternativas se presenta precozmente debido a que los sujetos comienzan desde edades muy tempranas a conectarse con el mundo físico y a tratar de comprenderlo. Según Rodríguez Moneo (1999) *"las concepciones físicas descansan en mayor medida sobre la percepción inmediata del mundo físico, es decir sobre lo directamente observable y, por tanto, se trata de concepciones que tienen en su origen un alto grado de construcción espontánea"*. Sin embargo, en este proceso se hace uso de una serie de habilidades y capacidades cognitivas tales como la observación, el análisis, la generalización de los resultados y se internalizan las conclusiones como evidencias incuestionables y como respuestas eficaces y útiles en diferentes situaciones. Estas concepciones funcionan aparentemente bien, no llevan a resultados contradictorios en las experiencias personales que se tienen habitualmente y se utilizan para ordenar el mundo y darle sentido, para resolver problemas y adaptarse.

Al mismo tiempo está comprobado que es en el campo de la Física donde se presentan las mayores inadecuaciones entre las concepciones alternativas y los conocimientos científicos. Las concepciones alternativas son muy resistentes al cambio por la constante aplicación en la adaptación al entorno. Gil Pérez y Guzmán (1993) afirman que *"a lo largo de muchos años las experiencias cotidianas han impuesto inconscientemente una cierta visión del comportamiento de la materia (tendencia de los objetos al reposo, etc.) muy similar a las concepciones aristotélicas. No se trata, pues, de teorización, sino de aceptación acrítica de lo que parece evidente"*. Señalan que, en el caso de la Mecánica y en particular en la indagación sobre caída de los cuerpos, los alumnos presentan dificultades en conceptos reiteradamente enseñados, aún luego de la resolución de numerosos problemas e incluso después de experiencias concretas. Por lo tanto, se fijan en la mente con un vigor que las convierte en verdaderas barreras epistemológicas, lo que dificultaría que los estudiantes se interesen en adquirir conocimientos desde el punto de vista científico.

La construcción del conocimiento científico implica para el que aprende un proceso de reestructuración, explicitación e integración jerárquica (Pozo y Gómez Crespo, 1998). En la escuela, la meta es promover cambios

bastante generales en la estructura cognitiva de los alumnos y para hacerlo se deben construir esquemas más complejos a partir de otros más simples, estableciendo usos diferenciales para el contexto de aplicación de los mismos. Lo más preocupante no es que los estudiantes sean poseedores de estas concepciones alternativas sino que los numerosos intentos realizados desde el ámbito de la enseñanza no hayan tenido la incidencia suficiente como para cambiarlas y que aún estudiantes universitarios sigan arrastrando las mismas concepciones que cuando estaban en la escuela y que además hayan adquirido mayor seguridad de su validez y las defiendan con más firmeza (Carrascosa, 2005a). Esta situación ha promovido en los últimos años numerosas investigaciones sobre el tema, las que pusieron de manifiesto la dificultad del proceso de cambio y las limitaciones sobre el pensamiento espontáneo de los sujetos.

Un tema central en la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias es el uso de diferentes lenguajes, dado que los contenidos de las Ciencias Naturales se expresan de diversas maneras atendiendo a convenciones de la comunidad científica. Galagovsky (2004) propone una clasificación de los diferentes tipos de lenguaje utilizados por un experto en Ciencias Naturales. Como punto de partida, plantea dos niveles:

- Nivel macroscópico: corresponde a las representaciones mentales adquiridas a partir de la experiencia sensorial directa. Este nivel se construye mediante la información proveniente de los sentidos.
- Nivel simbólico: en él se ubican las interpretaciones del fenómeno. Este nivel involucra formas de expresión abstractas como fórmulas, ecuaciones, gráficos, definiciones.

Estos niveles contemplan diferentes lenguajes en los que se pueden expresar los conocimientos:

- *Lenguaje visual*: es uno de los medios perceptivos por el cual recibimos las señales provenientes de hechos macroscópicos, sin interpretación simbólica alguna (Ejemplo: una fotografía de un objeto que cae).
- *Lenguaje gráfico*: describe dinámicamente un contenido simbólico (Ejemplo: la representación gráfica de la velocidad de un móvil).
- *Lenguaje formal*: utiliza fórmulas matemáticas o químicas (Ejemplo: la ecuación que describe la trayectoria de una partícula).
- *Lenguaje verbal*: se expresa mediante la palabra oral o escrita (Ejemplo: el concepto de velocidad).

Los tres últimos poseen características propias del nivel simbólico.

Según Galagovsky (2004) cada uno de estos lenguajes *"utiliza códigos y formatos sintácticos convencionales y consensuados"*, propios de cada disciplina. La autora define a los códigos como las *"convenciones normativas - establecidas por consenso por los expertos en una disciplina- que dan validez a los elementos que conforman los lenguajes"*. Por otro lado, entiende por *formatos sintácticos* a las *"elecciones - también basadas en convenciones- sobre las características de las unidades semánticas aceptadas para expresar los contenidos de dicha disciplina"*. Es importante

destacar que para que el aprendizaje se produzca, docente y alumnos deben compartir la misma interpretación de estos códigos y formatos sintácticos.

En las clases de Ciencias, es el docente quien propone estrategias que impliquen la definición de los significados de los distintos lenguajes en el ámbito del aula, generando consensos entre docente y alumnos en la interpretación de los elementos que integran cada uno de los lenguajes a utilizar. Además, el docente piensa utilizando simultáneamente los diferentes niveles de representación, macroscópico y simbólico, pero en su discurso explicita información en cada uno de ellos en forma alternada y secuenciada. Del mismo modo, utiliza distintos recursos que se complementan para proporcionar información a sus alumnos recurriendo, entre otros, al lenguaje verbal, visual, gráfico, formal, gestual, matemático. Esta multiplicidad de lenguajes utilizados en la enseñanza de las Ciencias requiere de nuestra atención particular dado que el alumno no siempre cuenta con la misma variedad de posibilidades de representación.

El estudiante parte de sus saberes cotidianos y debe realizar un esfuerzo por interpretar el discurso del docente y los diferentes modos que utiliza para representar los contenidos. Sin embargo, no siempre posee herramientas suficientes para apropiarse de estos significados. Además, los alumnos emplean muchas veces el lenguaje verbal, tanto oral como escrito, como recurso exclusivo para expresar sus ideas en clase lo que podría, por un lado, limitar sus posibilidades de expresión y, por otro, enmascarar aprendizajes memorísticos.

En este trabajo abordamos el uso de imágenes en el aprendizaje de la Física cuyo contenido se expresa, en particular, en lenguaje visual, gráfico y formal. Perales y Jiménez (2002) destacan que las imágenes tienen un papel actual e histórico en la construcción de la ciencia, su interpretación no es obvia y requiere actuación específica para revertir las dificultades que puedan encontrar los alumnos en su interpretación. Las mismas involucran la diversidad de lenguajes mencionada anteriormente y requieren la aplicación de estrategias acordes a esta complejidad.

La imagen es un instrumento de comunicación abierto o ambiguo y la interpretación de la ilustración es idiosincrásica. Por lo tanto, entendemos que es el observador el que dota de significados a la imagen; él es un sujeto activo que interviene en la comprensión de la información que le llega a partir de una imagen.

Por otra parte, la imagen también aporta elementos que facilitan o no la interpretación por parte del sujeto. Winn (1994, citado en Perales y Jiménez, 2004) distingue dos etapas en la lectura de imágenes: la detección y la comprensión. En la primera, el sujeto pone en juego una serie de actividades que promueven, por un lado, la discriminación de los elementos de la imagen, y por otro, la configuración, que se refiere a establecer relaciones con otros elementos. En la segunda etapa, el sujeto comienza a explorar conscientemente el contenido informativo de la imagen, esto implica una re-configuración y una re-identificación de los elementos. La comprensión del contenido de la imagen se produce cuando se interpretan las relaciones y se acomodan a los esquemas de conocimiento.

Perales y Jiménez (2004) explican que numerosos estudios han intentado demostrar las bondades del uso de las imágenes para el aprendizaje y/o las dificultades que poseen los estudiantes para aprovechar las representaciones gráficas de procesos complejos. Coincidimos con los autores al destacar que *"las imágenes, como cualquier otro símbolo, no significan nada en sí mismas. Son las personas las que interpretan las imágenes en función de sus necesidades de información, sus estrategias para procesar la información, sus conocimientos previos, su capacidad y determinación"*. En este marco, el uso de las imágenes en el diagnóstico de las concepciones alternativas de los estudiantes puede ser un instrumento válido y aportar nuevos elementos a este ámbito de investigación creciente.

Objetivos y descripción de los instrumentos

En la indagación de concepciones alternativas, el tema *fuerza y movimiento* ha ocupado un lugar preponderante. En tales investigaciones se han utilizado variedad de métodos y fuentes de datos. En el presente estudio pretendemos indagar las concepciones alternativas de los estudiantes sobre movimiento de los cuerpos a partir de la observación de imágenes. En el análisis que realizamos de los antecedentes sobre el tema no hemos encontrado información acerca de su detección a través de esta metodología, salvo en algunos casos en que se presentan preguntas sobre contenidos específicos acompañadas de imágenes o viceversa. El aporte de este estudio, que lo diferencia de otras investigaciones, radica en la utilización de imágenes que involucran lenguajes con diferentes niveles de abstracción y el uso de consignas abiertas que no hacen alusión al contenido científico específico sobre el que tratan.

Los trabajos sobre concepciones alternativas abarcan diversidad de puntos de vista en su tratamiento. Rodríguez Moneo (1999) propone agruparlos en dos enfoques:

1. *estudios centrados en el conocimiento científico*, en los cuales las concepciones de los sujetos son analizadas en función de su adecuación o no a los modelos científicamente aceptados.
2. *estudios centrados en el sujeto*, en los cuales las investigaciones se focalizan en las concepciones de las personas, su origen, sus características, su funcionamiento y desarrollo, es decir, su naturaleza misma.

Actualmente la adopción de un enfoque no es definitiva, en muchos casos estas perspectivas son complementarias. En el presente estudio analizamos las respuestas en función de su adecuación al punto de vista aceptado por la comunidad científica en el marco de la Mecánica Clásica e indagamos las concepciones alternativas de los alumnos, sus características y su persistencia después de la enseñanza.

Giorgi et al. (2005) realizaron un estudio sobre las investigaciones publicadas y las representaciones mentales de los estudiantes en relación con los cuerpos en movimiento. Constataron que, en la mayoría de los trabajos analizados, la formulación de las preguntas puede incidir en las respuestas de los estudiantes *"de manera que el sujeto tiene que generar, u optar, por una respuesta sin que se le dé opción a reconsiderar el hecho físico presentado desde una perspectiva diferente de la que se deduce del*

marco teórico actual de la Mecánica Clásica. De este modo, el sujeto no es alentado a utilizar otras palabras y conceptos que podría manejar más cómodamente para explicar la situación. Esto justificaría que los autores sólo clasifiquen las respuestas no adecuadas en términos de "conceptos erróneos" o "ideas falsas", o enmarquen a las ideas de los sujetos en teorías históricamente superadas, cerrando de esta manera la posibilidad de otras interpretaciones". Así, en la mayoría de las investigaciones de este tipo referidas a contenidos de Mecánica Clásica se han empleado instrumentos de recolección de datos consistentes en consignas en las que la palabra "fuerza" aparece en forma explícita, asumiendo que el significado de dicho término para los estudiantes, es el mismo que en el contexto científico. A partir de este punto de vista, consideramos que la metodología de indagación influye más de lo que se presume en la interpretación realizada en las investigaciones. La forma de comunicar e interpretar las concepciones alternativas de los estudiantes es un punto de análisis en los estudios actuales. En los instrumentos diseñados para este estudio no incluimos menciones de los conceptos científicos que se utilizan para explicar los fenómenos presentados en las imágenes a fin de favorecer una expresión más genuina de las ideas de los estudiantes.

El carácter sensorial de las concepciones alternativas nos alentó a indagar los supuestos de los estudiantes por medio de imágenes. Sostenemos que los estudiantes en la interacción con una imagen, donde se representan situaciones concretas con diferentes grados de abstracción, podrían expresar con mayor fidelidad sus ideas respecto al tema propuesto. Consideramos que este procedimiento presenta varias ventajas frente a otro tipo de indagaciones. Según Jiménez y Perales (2002) la utilización de las imágenes tiene más beneficios que el texto escrito. En primer lugar, permite una lectura en superficie aportando variada información al mismo tiempo, a diferencia de la lectura secuencial que se hace de los textos (Moles, 1991). En segundo lugar, es "*polisémica*" por lo que resulta difícil conocer qué respuesta aportará cada alumno. No existen respuestas únicas ni relaciones exclusivas entre los elementos al analizar una imagen.

Las imágenes seleccionadas se encuentran en libros de Física utilizados por alumnos de nivel universitario (Resnick et al., 1999; Tipler, 1995). Las mismas se incluyen en el Anexo. Los criterios de selección tenidos en cuenta buscan la inclusión de variedad de grados de iconicidad (Perales y Jiménez, 2002), lenguajes (Galagovsky, 2004) y complejidad de los contenidos. Los mismos se aplicaron de la siguiente forma:

- *Grado de iconicidad decreciente:* las imágenes se secuenciaron partiendo de una fotografía que presenta semejanza con la realidad hasta llegar a un grado mayor de simbolización.
- *Uso de diferentes lenguajes:* las imágenes presentan un lenguaje visual (Imagen 1), un lenguaje mixto que combina visual y gráfico (Imagen 2) y un lenguaje puramente gráfico (Imagen 3).
- *Complejidad progresiva en los contenidos:* en todos los casos contienen un alto nivel de contenidos científicos debido a que la muestra corresponde a nivel universitario. Las imágenes incluyen una complejidad que va desde un movimiento en una dimensión hasta el movimiento de un proyectil contenido en el plano.

Las fotografías estroboscópicas correspondientes a las imágenes 1 y 2 se logran con destellos múltiples y se toman con el obturador de la cámara abierto, mientras la situación experimental se ilumina varias veces por segundo, de modo que quede registrado en la fotografía la posición que tenía el proyectil al producirse cada destello.

Realizamos este estudio mediante la aplicación de dos pruebas (Prueba 1 y Prueba 2). Las mismas fueron respondidas del siguiente modo: la Prueba 1 a manera de diagnóstico y la Prueba 2 después de la enseñanza del tema Movimiento. Ambas incluyen las mismas imágenes con el propósito de observar las similitudes y divergencias en las respuestas en relación con los aprendizajes de los alumnos y la persistencia o no de concepciones alternativas. Es importante destacar que durante la enseñanza no se trabajó explícitamente en el aula con el análisis de las imágenes seleccionadas para este estudio.

Prueba 1:

En esta prueba pretendemos la expresión de las ideas de los estudiantes guiando la observación de cada imagen mediante actividades que van desde lo general a lo particular. En el Cuadro 1 figuran las preguntas realizadas y el objetivo que perseguimos en cada caso.

Actividades de la Prueba 1	Objetivo Buscamos que el estudiante logre:
1-¿Con qué conceptos o fenómenos de los que has estudiado en Ciencias Naturales podrías relacionar lo que ves en esta imagen?	Focalizar la atención en la imagen y su relación con el área de conocimiento.
2- ¿Con qué conocimientos referidos a "Movimiento" podrías vincular lo que observas?	Relacionar la información con los contenidos estudiados anteriormente sobre movimiento.
3- Explica el fenómeno representado en la imagen.	Identificar en la imagen información relevante y vincular con los contenidos aprendidos sobre el fenómeno que se evoca a partir de ésta. Explicitar de manera directa sus apreciaciones acerca de cómo se producen los fenómenos.
4- ¿Encuentras algún error en esta imagen? Si lo hubiera, indica en qué consiste.	Analizar con mayor profundidad la situación ante una sospecha de error. Expresar ideas discrepantes con lo observado en la imagen.

Cuadro 1.- Actividades incluidas en la Prueba 1.

Prueba 2:

En esta prueba intentamos predisponer a los estudiantes a que examinen cuidadosamente las imágenes indicando toda la información relacionada con el movimiento de los cuerpos que encuentren en ellas. La consigna es:

“Antes de estudiar los contenidos referidos a movimiento observaste estas imágenes y realizaste algunas actividades sobre ellas. En esta oportunidad debes analizarlas en detalle. En cada caso:

- *Explica el fenómeno involucrado.*
- *Justifica todos los detalles que encuentres en la imagen a partir de lo que ya sabes sobre movimiento.”*

Selección de la muestra y aplicación de los instrumentos

La muestra seleccionada para este estudio exploratorio está constituida por 28 alumnos y alumnas de primer año de las carreras universitarias de licenciaturas en Astronomía y en Geofísica de una universidad estatal. La aplicación de los instrumentos diseñados se llevó a cabo durante las clases de Física I. Ésta es la primer asignatura del área Física del diseño curricular de las respectivas carreras. La implementación se llevó a cabo en dos instancias:

- Los estudiantes respondieron las preguntas de la Prueba 1 para cada una de las imágenes presentadas, al comenzar el cursado de la asignatura, en forma escrita e individual.
- La Prueba 2 formó parte de las actividades previstas en la primera evaluación parcial de la asignatura, que incluye la resolución de problemas de Cinemática (en una, dos y tres dimensiones). Es necesario señalar que un 14% de los estudiantes no resolvió la Prueba 2 por no asistir a dicha evaluación.

Resultados obtenidos

Como expresamos anteriormente, pretendemos indagar las concepciones alternativas de los estudiantes sobre el movimiento de los cuerpos a través de la indagación de las imágenes seleccionadas. Buscamos relacionar el tipo de imagen (según el manejo que requiera de los diferentes lenguajes y el nivel de procesamiento de la información visual) con la influencia que tiene en la expresión de las concepciones alternativas de los estudiantes. Es decir, buscamos determinar en qué medida estas imágenes permiten el diagnóstico de dichas concepciones en los alumnos.

El procesamiento de las respuestas se ha llevado a cabo en forma exhaustiva, buscando identificar en ellas las concepciones sobre el movimiento de los cuerpos bajo la acción de la gravedad terrestre y su posible correspondencia con el punto de vista de la Mecánica Clásica. Exponemos a continuación los resultados encontrados para cada una de las pruebas. Los estudiantes se identifican con un número adjudicado aleatoriamente seguido del número de prueba correspondiente.

El análisis de las respuestas se realizó en dos planos, ya que nos interesa indagar:

- qué conocimientos científicos aparecen en las respuestas de los alumnos y
- qué ideas del conocimiento cotidiano surgen o persisten con mayor frecuencia.

Los resultados que detallamos se derivan del análisis de cada prueba en su conjunto y no se describen por separado para cada una de las actividades por razones de espacio. Hemos considerado cada prueba globalmente, aunque destacamos que algunos alumnos expusieron sus ideas en el primer acercamiento a la imagen (Actividades 1 y 2 de la Prueba 1) y otros al analizarlas en detalle para explicar el fenómeno.

Conocimientos científicos en las respuestas de los alumnos

Para determinar los parámetros de comparación entre las respuestas de los alumnos y los conocimientos científicos, fijamos por consenso entre los investigadores ciertas ideas que reúnen la información básica necesaria para la interpretación correcta de cada imagen desde el punto de vista científico (ver cuadro 2).

Imagen	Indicadores
1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los cuerpos caen (en caída libre). 2. Los cuerpos caen al mismo tiempo. 3. Los dos cuerpos tienen distinto peso. 4. Los dos cuerpos tienen distinta forma. 5. La caída es en el vacío.
2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Las dos bolas son idénticas. 2. Una de ellas es disparada horizontalmente. 3. La otra se deja caer en forma simultánea en caída libre. 4. Ambos proyectiles caen bajo la acción de la gravedad. 5. Los aumentos verticales de los desplazamientos de los dos proyectiles son los mismos. 6. El proyectil que es disparado horizontalmente tiene desplazamientos horizontales iguales en tiempos iguales. 7. El movimiento vertical es independiente del movimiento horizontal de uno de ellos.
3	<ol style="list-style-type: none"> 1. La trayectoria del proyectil es una parábola. 2. El movimiento tiene lugar en el plano xy. 3. El origen del sistema de coordenadas utilizado para describir el movimiento coincide con el punto de lanzamiento del proyectil. 4. El proyectil es lanzado con velocidad inicial que forma un ángulo ϕ_0 con el eje x. 5. El proyectil se mueve bajo la acción de la gravedad. 6. El vector velocidad instantánea se descompone en las direcciones horizontal y vertical en el instante de lanzamiento y en instantes posteriores. 7. El vector velocidad instantánea es tangente a la trayectoria. 8. La componente horizontal de la velocidad permanece constante. 9. La componente vertical de la velocidad se comporta como la de un movimiento en caída libre. 10. El proyectil alcanza una altura máxima. 11. El ángulo que forma el vector velocidad con la dirección x en el punto de lanzamiento es igual al que corresponde al instante en que alcanza nuevamente la misma altura. 12. Entre estas últimas posiciones, el desplazamiento horizontal es R (alcance del proyectil).

Cuadro 2.- Indicadores evaluados en las respuestas que expresan la interpretación de la imagen desde el punto de vista científico.

En este proceso tuvimos en cuenta algunos elementos de la información que acompaña cada una de las imágenes en los textos en que están insertas. De ahora en adelante, denominaremos *indicadores* a dichas ideas ya que nos indican el nivel de procesamiento de cada imagen.

Los indicadores muestran la presencia de concepciones científicas en los modelos construidos por los estudiantes a partir de la observación de la imagen. Involucran diferentes tipos de lenguaje que deben decodificar en la interpretación de cada imagen.

En cada caso, puede haber indicadores que son equivalentes en el sentido en que muestran la interpretación de un mismo aspecto mostrado en la imagen. A manera de ejemplo, cabe mencionar para la Imagen 1, que quien afirma que los cuerpos (manzana y pluma) caen al mismo tiempo (Indicador 4) podría también expresar que tienen la misma aceleración y, a los fines de la interpretación de la imagen (y considerando que las velocidades iniciales y las alturas de partida son iguales), han logrado evaluar la presencia de una similitud en la caída de ambos cuerpos. Otro caso, para esta misma imagen, es el indicador 5 el cual puede expresarse manifestando que el movimiento se produce en el vacío o sin importar la resistencia del aire, lo cual ha sido considerado equivalente en este estudio.

Los resultados obtenidos de la evaluación de la presencia de estos indicadores en las respuestas de los alumnos para cada una de las imágenes en cada instancia (Prueba 1 y Prueba 2) se muestran en los gráficos 1, 2 y 3, respectivamente.

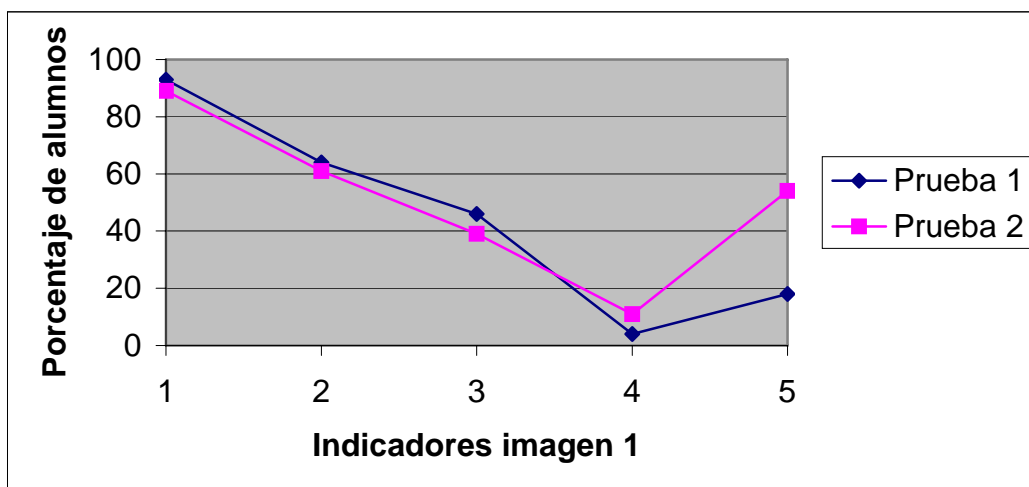


Gráfico 1.- Presencia de los indicadores correspondientes a la Imagen 1 para cada una de las pruebas.

Los indicadores que figuran en el eje de las abscisas están ordenados desde lo que se percibe más fácilmente de la imagen a aquellas afirmaciones que requieren mayor elaboración cognitiva. La forma obtenida en el gráfico 1 para ambas pruebas muestra que la mayoría de los alumnos expresa los primeros indicadores y no así los últimos. Esto indica que describen la imagen desde una primera percepción, sin ahondar en los detalles más significativos desde el punto de vista científico. También del análisis del gráfico 1 se desprende que el aspecto que resultó desapercibido para muchos estudiantes es la variable relacionada con la forma de los

objetos. Destacan en mayor medida la diferencia entre ambos en función del peso de los mismos.

En la mayoría de los indicadores no se advierten diferencias significativas entre las pruebas 1 y 2, a excepción del indicador 5 que resulta de gran importancia para la interpretación correcta de esta imagen. Si bien los resultados generalmente mejoran en la Prueba 2, muchos alumnos no logran inferir que esta caída no corresponde a una experiencia ordinaria realizada al dejar caer dos objetos como una manzana y una pluma en presencia de aire, sino que se da en condiciones especiales (vacío).

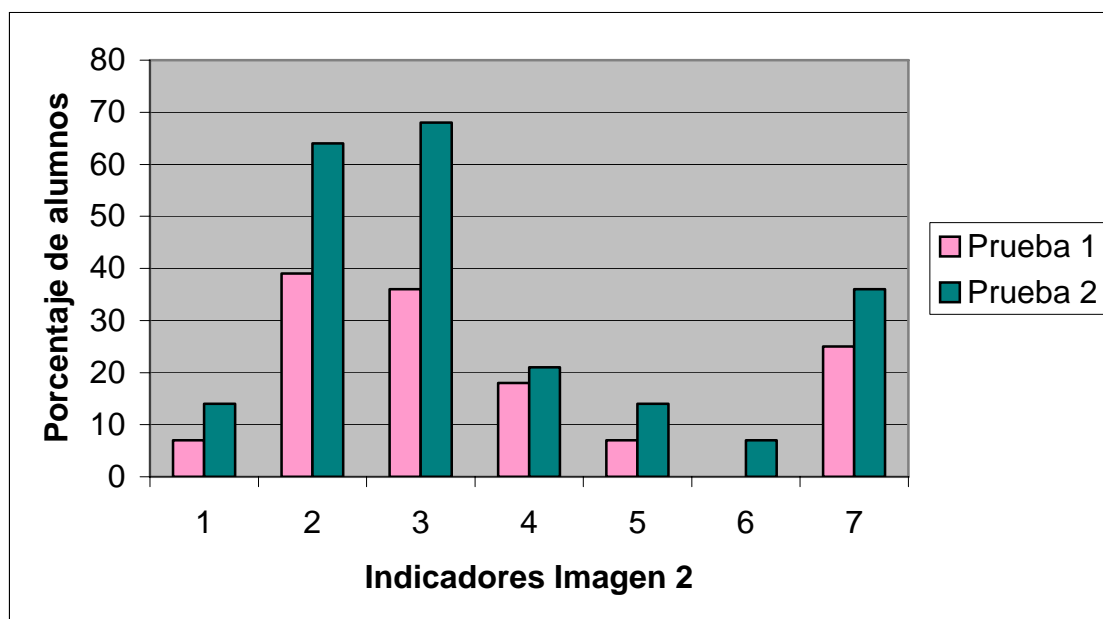


Gráfico 2.- Presencia de los indicadores correspondientes a la Imagen 2 para cada una de las pruebas.

Del análisis del gráfico 2 se desprende una superación producida en todos los indicadores luego del tratamiento de los temas en clase, especialmente en los que se refieren a las diferentes velocidades iniciales de los proyectiles (Indicadores 2 y 3). Sin embargo, como la distribución general para cada prueba es similar, podemos concluir que los aspectos que resultaron conflictivos son los mismos en ambas instancias. Las dificultades han surgido al realizar comparaciones y establecer semejanzas entre:

- las bolitas (indicador 1)
- la aceleración sufrida por ambas (indicador 4)
- los aumentos verticales de sus desplazamientos (indicador 5)
- los desplazamientos horizontales de la bolita que es disparada horizontalmente (indicador 6).

En los últimos dos indicadores, notamos que pocos estudiantes advirtieron la cuadrícula.

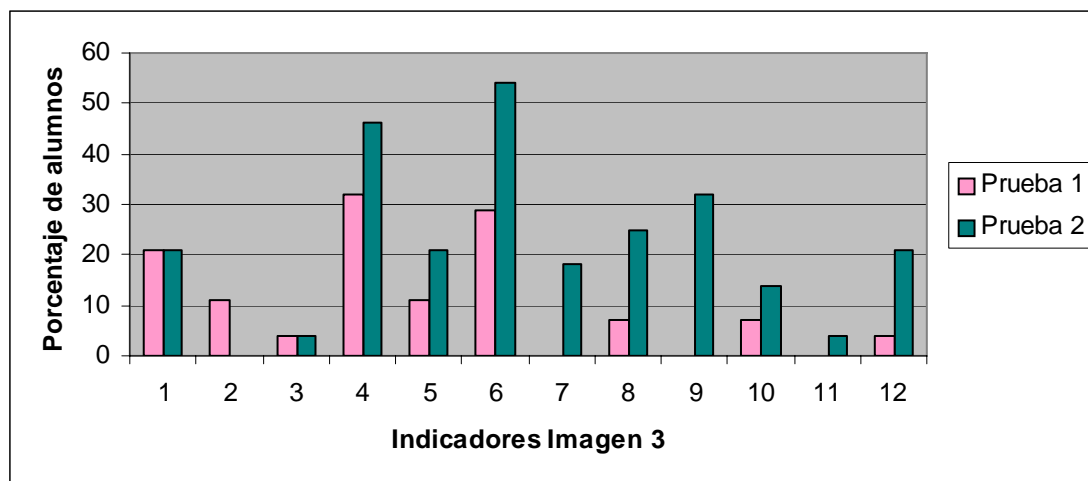


Gráfico 3.- Presencia de los indicadores correspondientes a la Imagen 3 para cada una de las pruebas.

La Imagen 3 posee un elevado grado de abstracción, lo que implica que para su interpretación es necesario manejar códigos y formatos sintácticos específicos. En general, los alumnos muestran para ambas pruebas el reconocimiento de ciertos elementos desde el punto de vista científico, pero ninguna respuesta ofrece una explicación completa del fenómeno representado incluyendo la totalidad de los indicadores.

El gráfico 3 muestra porcentajes bajos de presencia de los indicadores en la mayoría de las respuestas. La dificultad del lenguaje a nivel simbólico de esta imagen se ha traducido en un bajo aprovechamiento de la misma para la expresión de ideas científicas. Sólo dos indicadores superan el 40% de la muestra en la Prueba 2, aunque ya en la Prueba 1 presentaron los picos de mayor frecuencia. Los mismos se refieren a la velocidad de lanzamiento del proyectil y a la representación que se muestra con mayor frecuencia en la imagen referida a la descomposición del vector velocidad en instantes diferentes.

En el indicador 2, referido a que el movimiento se produce en dos dimensiones, los valores de la Prueba 2 son inferiores a la Prueba 1. Esto puede deberse a que quienes explicitaron este aspecto tan básico de la situación presentada en la Prueba 1, luego lo obviaron en su explicación posterior a la enseñanza.

La baja frecuencia obtenida en ambas pruebas para el indicador 3 puede deberse a que la elección del origen del sistema de referencia para la descripción del movimiento no fue advertida por la mayoría de los estudiantes. El indicador 7 sólo se manifiesta en la Prueba 2, lo cual es esperable en virtud de que el concepto de vector velocidad instantánea suele enseñarse recién a nivel universitario. Otro indicador que presenta baja frecuencia y aparece sólo en la Prueba 2 es el 11 manifestando que, aunque en la imagen se marca el ángulo que forma la velocidad con el eje x para los instantes en que el proyectil es lanzado y cuando vuelve a alcanzar la misma altura, no es tenida en cuenta por muchos estudiantes. Este indicador, que muestra la simetría del problema para la subida y bajada del proyectil, fue prácticamente obviado en las explicaciones.

La superación que surge al comparar los gráficos de la pruebas 1 y 2 no alcanza porcentajes significativos de la muestra, lo cual indica que las dificultades en la interpretación del lenguaje a nivel simbólico de esta imagen persisten luego de la enseñanza. Sin embargo, se observan incrementos en los indicadores de mayor complejidad (5 al 9), lo que podría interpretarse como que en la Prueba 2 los alumnos comenzaron a atender a los elementos más abstractos de la imagen, aunque no pudieran describir la información de forma completa.

Concepciones alternativas en las respuestas de los alumnos

Detallamos a continuación las concepciones alternativas manifestadas por los estudiantes en sus respuestas acompañando con ejemplos tomados en forma textual de las pruebas. Las concepciones alternativas que surgieron en cada caso corresponden a:

Imagen 1

Concepciones que se fundamentan en experiencias cotidianas (no válidas en las condiciones propuestas en las imágenes).

- *Los objetos más pesados caen más rápido.* Esta fue una de las concepciones alternativas detectadas con mayor frecuencia en la Prueba 1 (36%) en respuestas como la de (A26-1) que describe la Imagen 1 afirmando que *"La manzana cae a la misma velocidad que la pluma."*, y a continuación agrega *"No es lógico que una pluma pese lo mismo que la manzana."* También muchos estudiantes señalaron como un error en la imagen la caída simultánea de ambos objetos. Por ejemplo, (A1-1) señala *"El error que encuentro en este dibujo es que la manzana va a caer primero que la pluma, por la masa que tiene la manzana."*
- Sin alcanzar el alto porcentaje obtenido en la Prueba 1, ésta constituye la concepción alternativa de mayor frecuencia en la Prueba 2 (11%). Algunos estudiantes, aunque están observando lo contrario en la Imagen 1, afirman por ejemplo que *"A pesar de haber sido lanzados en el mismo instante, al registrarse sus movimientos tiene distintas posiciones en el mismo tiempo. La gravedad atrae más rápido al cuerpo con mayor masa que al de menor."* (A8-2). En este caso, estamos ante la presencia de una negación de la evidencia que presenta la fotografía en la que el sujeto ignora los indicadores de la imagen que se contradicen con sus concepciones alternativas.

Concepciones relativas a fenómenos ajenos a la experiencia cotidiana.

- Los objetos caen al mismo tiempo porque es nula la aceleración de la gravedad en el vacío. *En este caso, el 18% de los estudiantes interpreta la caída de los objetos mostrada en la Imagen 1 como un movimiento no acelerado. Un estudiante afirma "En un espacio que no tenga gravedad, ...al dejar caer dos objetos de distinto peso caen a la misma velocidad" (A16-1). También detectamos esta concepción alternativa que surge de la asociación del movimiento de caída presentado en la Imagen 1 con la conocida experiencia realizada en la Luna cuando se dejan caer desde la misma altura una pluma y un martillo. Un estudiante expresa "Es una experiencia que realizó un*

astronauta en la Luna que comprobó que los cuerpos sin gravedad caen al mismo tiempo" (A14-1). *Dentro de esta misma concepción alternativa se encuadran las respuestas que en las actividades 1 o 2 de la Prueba 1 asocian la imagen con el movimiento rectilíneo uniforme.*

Esta concepción se muestra persistente luego de la enseñanza, aunque se presenta en la Prueba 2 con menor frecuencia (7%). Un estudiante afirma en la Prueba 1 que la Imagen 1 muestra que "...*distintos objetos con masas distintas caen a la misma velocidad cuando la $g=0$* " (A7-1). En la Prueba 2 conserva esta idea cambiando la forma de expresarla e indica "*Los dos cuerpos caen a la misma velocidad ya que los cuerpos no están acelerados.*" (A7-2). Cabe destacar que el mismo estudiante en la Imagen 2, en que uno de los objetos tiene un movimiento idéntico al de la pluma o de la manzana, explica muy bien el fenómeno acudiendo a los conceptos de caída libre y aceleración. Esto nos permite concluir que asocia el movimiento en el vacío (necesario para observar el fenómeno de la Imagen 1 y no el de la Imagen 2) con movimiento con velocidad constante.

Concepciones basadas en relaciones incorrectas entre conceptos y/o fenómenos.

- *La fuerza de arrastre debida al aire es la responsable de la caída simultánea de dos cuerpos de diferente peso y forma.* La concepción alternativa en este caso es poco frecuente (7%) y consiste en justificar las semejanzas en el movimiento de ambos cuerpos mostrado en la Imagen 1 a través de la influencia del aire en vez de plantear su ausencia. Por ejemplo, (A19-1) afirma que la Imagen 1 "*muestra que independientemente de la masa del cuerpo de un objeto, los dos tienen la misma velocidad por la fricción del aire.*"

Esta concepción alternativa en la Prueba 2 es menos frecuente (3%) y coincide con uno de los estudiantes que la manifestó en la instancia anterior también para la Imagen 1.

Imagen 2

Concepciones debidas a interpretaciones inadecuadas de la imagen.

- *Relacionadas con la situación experimental presentada en la imagen.* En este caso, el mecanismo de lanzamiento de las bolas mostrado en la Imagen 2 ha dado lugar, con una frecuencia del 14%, a interpretaciones poco usuales que distraen de su intención pedagógica. Por ejemplo, entender que la imagen "*representa una pelota que es lanzada hacia arriba y luego es impulsada.*" (A13-1) o que esta imagen muestra que "*Se tira hacia arriba un objeto y en un momento alcanza su altura máxima, se detiene y empieza a descender*" (A25-1).
- *Relacionadas con la cuadrícula superpuesta a la fotografía estroboscópica.* También la cuadrícula superpuesta con la fotografía para favorecer la comparación de los desplazamientos verticales y horizontales, sirvió para que un estudiante (3%) evocara las

superficies cuádricas tal como suelen mostrarse al ser graficadas en la computadora. Indica que se trata de *"Una esfera que se mueve en una superficie cuádrica"* (A26-1).

Ninguna de estas concepciones se manifestaron en la Prueba 2.

Imagen 3

Concepciones basadas en relaciones incorrectas entre conceptos y/o fenómenos.

- *Una partícula que se lanza en forma oblicua sólo puede situarse a alturas mayores o iguales a la del punto de lanzamiento* Hemos encontrado, sólo en el 3% de la muestra, una concepción alternativa que sostendría que los proyectiles son lanzados desde el suelo y no pueden ocupar posiciones de menor altura (como ocurre en la Imagen 3). Se indica en este caso como error en la imagen *"Que la pelota sigue de largo y tendría que terminar su recorrido en el eje horizontal de las x (origen)"* (A9-1). Esta concepción persiste en la Prueba 2 con un bajo porcentaje (3%). La misma podría originarse en ejemplos que se proponen comúnmente en libros de texto de niveles educativos anteriores en que se muestra la situación particular en que el proyectil es lanzado a la altura del suelo e impacta a esta misma altura finalmente.

Es importante destacar que, luego de la enseñanza, detectamos en las respuestas varias concepciones nuevas que corresponden a un análisis más detallado de las imágenes. Las frecuencias para todos los casos oscilan entre 3% y 7%. En este caso, es mayor el nivel de profundización y la complejidad de las concepciones que se explicitaron. Para cada una de las imágenes, éstas son:

Imagen 1

- *Dos objetos de diferente peso en la Tierra pesan lo mismo en la Luna.* Al asociar la Imagen 1 con la experiencia de la Luna a la que se hizo referencia anteriormente, surgen expresiones que llevan a concluir que la simultaneidad de la caída en la Luna se relaciona con el peso de ambos cuerpos y no con la ausencia de atmósfera. (A27-2) indica: *"En la Tierra esto no puede ser posible ya que el peso de cada elemento es diferente, en cambio en otro sistema de referencia, como la Luna esto puede ser posible."*

Imagen 2

- *La aceleración de cada bola es diferente.* Esta concepción consiste en explicar las diferentes trayectorias de los proyectiles en función de diferencias en la aceleración y no en la velocidad para cada una de ellos. (A8-2) afirma que *"La trayectoria de la bola que sólo se deja caer es una línea recta. La otra bola fue lanzada con una cierta velocidad horizontal y por eso es afectada de manera diferente por la gravedad."*
- *En un movimiento de proyectil la aceleración no es constante.* En este caso la concepción alternativa se detecta en la respuesta de una alumna que indica que: *"La aceleración de la bola con v_0 es variante,*

es decir que se va acelerando, en cambio la bola que se deja caer tiene aceleración constante (la aceleración de la gravedad)" (A22-2).

- *La componente vertical de la velocidad inicial de la bola que es proyectada horizontalmente no es nula.* Esta suposición, que se reitera en algunos alumnos, impediría la observación de desplazamientos verticales idénticos para ambos proyectiles. (A9-2) expresa que: *"Se deja caer una pelota verticalmente y se lanza otra con velocidad en x e y (parabólica)."*
- *Los desplazamientos verticales de los proyectiles deberían depender del movimiento horizontal.* Negando la independencia de movimientos, una alumna indica como un error en esta imagen que *"ambas bolas tienen posiciones iguales en el eje y en los tiempos tomados y esto en realidad no es así"* (A8-2).

Imagen 3

- *La trayectoria del proyectil es parabólica debido a la resistencia del aire.* En este caso la forma de la trayectoria no se atribuye solamente a la acción de la gravedad sino también a la fuerza de arrastre: *"La gravedad y la resistencia del aire aceleran el cuerpo volviendo parabólica su trayectoria"* (A3-1). En este caso, se trata de un alumno que recusa la asignatura y evoca conceptos estudiados antes sin distinguir que la influencia del aire cambiará ciertas características de la parábola pero no determina que se trate de este tipo de cónica.
- *El vector velocidad instantánea es tangente a la posición.* En esta respuesta se confunden los conceptos de posición y trayectoria (A8-2).
- *La gravedad cambia de signo en la subida y bajada del proyectil.* Esta concepción se relaciona con la consideración de la aceleración sólo positiva para un movimiento acelerado y sólo negativa para un movimiento desacelerado. Una alumna (A22-2) afirma refiriéndose al proyectil que *"... su velocidad en x es constante pero en y aumenta al caer el proyectil (g+) y disminuye hasta llegar a cero cuando éste sube (g-)."*

Dificultades básicas para aprender, detectadas en las respuestas

También detectamos en las producciones de los estudiantes otras dificultades que, aunque no llegan a encuadrarse como concepciones alternativas sobre el movimiento, influyen en la construcción de la respuesta de los alumnos y por lo tanto en sus aprendizajes.

Dificultades en habilidades de lectura e interpretación de las consignas

Podemos separarlas en varios planos:

- *Léxico:* se manifiestan en la utilización incorrecta de palabras o frases.
 - *Caída libre:* Al describir la Imagen 1 un estudiante afirma *"Se lanzan dos cuerpos al aire libre (caída libre)..."* (A9-1) confundiendo aire libre con caída libre. Este alumno no está teniendo en cuenta la ausencia de aire en el movimiento.

- *Lanzamiento – caída libre*: Generalmente, en el ámbito de la Física, se usa el verbo lanzar para indicar que se le imparte al objeto una cierta velocidad inicial y la caída libre cuando los objetos se dejan caer con velocidad inicial nula. Sin embargo, muchos estudiantes no hacen esta distinción expresando para la Imagen 1 por ejemplo que "...los cuerpos son lanzados desde arriba..." (A18-1) o para la Imagen 2 que: "*Dos pelotas son lanzadas en caída libre*" (A24-2).
- *Fuerza – velocidad*: Para indicar que el objeto que se mueve en una trayectoria parabólica en la Imagen 2 tiene velocidad inicial horizontal, algunos estudiantes hacen alusión a la fuerza que debió aplicársele para iniciar este movimiento (A7-1).
- *Consistencia interna*: se detecta en la falta de unidad de criterio de las ideas expresadas en las respuestas. Para la Imagen 1, un estudiante se da cuenta que los objetos caen en el vacío e indica explícitamente en su respuesta que los movimientos no se ven afectados por la resistencia del aire. Sin embargo indica que el fenómeno involucrado es "*Fenómeno de fricción con el aire*" (A24-2).
- *Interpretación de las consignas*: En la primera actividad de la Prueba 2 se pide explicar el fenómeno. Sin embargo, muchos estudiantes se limitan a enunciar el tema del que consideran que trata la figura. Por ejemplo (A1-2) indica que la Imagen 1 se refiere a "*Cuerpos en caída libre*". Lo mismo ocurre para la segunda pregunta en la que se solicita justificar los detalles a partir de lo aprendido.

Dificultades para establecer relaciones

Para lograr establecer relaciones entre ciertos aspectos de los fenómenos que se analizan es necesario poner en juego procesos mentales complejos que a veces son intentados por parte de los estudiantes, sin lograrlo. Ya se hizo alusión anteriormente a problemas para establecer semejanzas. También hemos detectado otras dificultades como por ejemplo, un alumno (A24-1) que indica en la Prueba 1 diferencias entre los movimientos de ambos objetos de la Imagen 2 "*Dos pelotas son lanzadas hacia abajo con distinto movimiento*". En la Prueba 2, el mismo estudiante menciona las semejanzas entre ellos "*Dos pelotas son lanzadas en caída libre*". Sin embargo, no logra unir ambos enunciados en una expresión general que apunte al objetivo central de la imagen, en este caso la comparación a partir de las semejanzas y diferencias para llegar a la conclusión de la independencia de movimientos.

Para la misma imagen, esta dificultad para comparar lleva en ciertos casos a conclusiones simplistas que (si bien son válidas para el eje y) no lo son en general. Esto se pone en evidencia en la respuesta de (A17-2) quien afirma que "*Un cuerpo cae en vertical y el otro es lanzado, los dos tienen la misma velocidad a pesar de su trayectoria*".

La complejidad a nivel simbólico de la Imagen 3 hizo que algunos estudiantes atendieran sólo un aspecto del movimiento centrando únicamente su atención en el comportamiento de la componente según el eje y y de la velocidad. Por ejemplo, indican que la imagen "*Muestra que un proyectil lanzado con cierta inclinación en un momento llega a cero la*

velocidad y vuelve a caer aumentando la velocidad." (A19-1) o que el movimiento es "Movimiento uniformemente acelerado y retardado" (A20-1).

Conclusiones

A continuación exponemos un análisis cualitativo acerca de las respuestas de los alumnos. Nos interesa resaltar la incidencia del tipo de imagen en cuanto a su utilidad como instrumento para la detección de concepciones alternativas.

Imagen 1

Los alumnos presentan en su mayoría respuestas descriptivas donde se exponen los aspectos más sobresalientes de la imagen, sin ahondar en las relaciones entre los elementos y las particularidades del fenómeno observado. Podemos afirmar que una imagen de este tipo ofrece a los alumnos la posibilidad de expresar en forma abierta sus ideas. Las concepciones alternativas detectadas se obtuvieron de las respuestas en las que figuran en forma explícita. Para esta imagen también encontramos un alto grado de persistencia en las concepciones alternativas de los alumnos en la Prueba 2.

Detectamos, además, que las respuestas muchas veces contradicen la evidencia presentada en la imagen. Aunque perciban lo contrario, sus concepciones prevalecen y los conducen a afirmaciones que discrepan con el fenómeno observado.

En resumen, la Imagen 1 de mayor grado de iconicidad y lenguaje visual y menor complejidad conceptual, ofrece a los alumnos oportunidades para expresar sus concepciones alternativas acerca del fenómeno observado en forma clara y abierta.

Imagen 2

Esta imagen requirió de los alumnos una mayor concentración y atención a los detalles. Los resultados reflejan una tendencia marcada hacia la descripción de la misma, destacando sobre todo el tipo de movimiento al que se refiere. Sin embargo, en la mayoría de los casos los estudiantes no mencionan la cuadrícula superpuesta que corresponde al lenguaje gráfico y se detienen en los datos que aporta el lenguaje visual de la fotografía.

Las dificultades aparecen en la interpretación de la imagen en su conjunto dado que un alto porcentaje de los alumnos no puede establecer relaciones entre los elementos que permitirían dotar de significado al contenido de la imagen.

En cuanto a las concepciones alternativas, en la primera instancia expresan ideas que se relacionan más con los elementos que se perciben a primera vista en la imagen. En la Prueba 2 aparecen ideas que intentan establecer relaciones entre los elementos. Estas ideas son imprecisas e incompletas y no reflejan la comprensión total de la situación planteada.

Podemos concluir que la Imagen 2, que se presenta como una imagen mixta que combina un lenguaje visual y gráfico, es tratada por la mayoría de los alumnos como una fotografía sin atender a los detalles que la diferencian de la anterior. La imagen permitió dar a conocer las

concepciones alternativas de los alumnos y las dificultades en el tratamiento de la imagen en su conjunto.

Un aspecto que es interesante destacar en las imágenes 1 y 2 se refiere a la interpretación de las fotografías estroboscópicas. Las mismas no provocaron dificultades en los estudiantes y, aunque ningún alumno hizo alusión a esta forma de presentación de las posiciones, tampoco interpretaron, por ejemplo, que en la Imagen 1 había muchas manzanas y plumas en diferentes posiciones. En estudios posteriores podría indagarse las respuestas de alumnos de menor edad y formación ante este tipo de imágenes y las posibles dificultades en su interpretación.

Imagen 3

Para la interpretación de esta imagen es necesario conocer las convenciones de la comunidad científica sobre el tema y el dominio del lenguaje utilizado en la representación de su contenido.

La Imagen 3 ofrece a los alumnos un lenguaje gráfico, con un alto grado de simbolización y complejidad en su contenido científico. Podemos observar que los alumnos tratan esta imagen de un modo diferente a las anteriores. En la Prueba 1 esto los lleva a inhibirse en la interpretación sin arriesgar respuestas, lo cual coincide con el alto número de respuestas "no sé" o de compromiso que se obtienen muchas veces en clases de Ciencias cuando se usan preguntas verbales de contenido académico. En la Prueba 2, como reconocen en ella un lenguaje propio de la disciplina, intentan aportar respuestas que demuestren sus conocimientos sobre el tema. Los resultados se dispersan, ofreciendo gran variedad de respuestas acerca del fenómeno, pero ningún alumno pudo brindar una explicación completa sobre él. Se destaca el elevado porcentaje de alumnos que alude al indicador N° 6 "*El vector velocidad instantánea se descompone en las direcciones horizontal y vertical en el instante de lanzamiento y en instantes posteriores*" tanto en la Prueba 1 como en la 2, siendo éste el indicador que mejor resume en forma global el fenómeno expuesto.

En cuanto a las concepciones alternativas que surgen en esta imagen, constituyen explicaciones que buscan establecer relaciones usando a menudo conceptos similares a los utilizados en imágenes anteriores, tales como resistencia del aire, gravedad, trayectoria, etc.

Finalmente, pensamos que la Imagen 3 presenta características particulares en su tratamiento y permite a los alumnos expresar sus conocimientos científicos sobre el tema, y aunque los manifiesten en una construcción más compleja, en la mayoría de los casos ésta resulta incompleta.

Reflexiones finales

En el presente estudio hemos podido comprobar que la utilización de imágenes para la detección de concepciones alternativas permitió abrir un abanico de posibilidades de análisis respecto de las respuestas de los alumnos. Por un lado, la identificación de los conocimientos científicos contenidos en las respuestas y su enriquecimiento a través de la enseñanza. Por otro, las concepciones alternativas de los estudiantes

universitarios, su detección en el diagnóstico inicial y la persistencia luego de un periodo de aprendizaje.

Coincidimos con Driver (1992) cuando afirma que "*las exposiciones del profesor raramente son capaces de modificar por sí mismas las creencias*" de los estudiantes. En este sentido, comprobamos que algunas concepciones alternativas persisten en los alumnos universitarios a pesar de las diferentes instancias de enseñanza transcurridas durante su vida escolar. Esto se observa incluso en alumnos recursantes de la asignatura en la que se realizó este estudio.

Las ideas construidas a lo largo de la vida sobre caída de los cuerpos sirven para explicar lo observado, aún cuando las imágenes pudieran presentar evidencias que contradigan estas hipótesis, apareciendo aquí un proceso cognitivo similar a la asimilación, en el sentido que atribuye Piaget a este término. Esto se evidencia en las concepciones alternativas detectadas a través de las imágenes en la situación inicial que se relacionan con ideas más sujetas a la percepción del fenómeno.

Después de la enseñanza, los resultados de esta investigación muestran variaciones en el tipo de respuestas de los alumnos. Algunas de las concepciones alternativas persisten, otras se aproximan al conocimiento científico y surgen nuevas concepciones que intentan expresar de un modo más complejo las relaciones entre los elementos que muestran las imágenes. Si bien la mayoría de las respuestas no alcanzan a explicar el fenómeno expresado en la imagen de modo completo y acertado desde el punto de vista científico, denotan avances en la conceptualización de lo observado. El uso de imágenes en la detección de concepciones alternativas permite mostrar que los alumnos aplican sus teorías implícitas en *diferentes niveles de análisis*, basados en estructuras conceptuales de distinta complejidad (Pozo y Gómez Crespo, 1998) para los diferentes tipos de imágenes.

Otro aspecto a destacar es el proceso de comprensión y explicación de las imágenes, donde predominan los mecanismos de simple descripción. Son escasos los estudiantes que presentan una explicación que denote la comprensión de la imagen en su conjunto. Los alumnos presentan mayores dificultades en la *configuración* de la imagen, es decir, al establecer relaciones entre los elementos más allá de la sola *discriminación* de los mismos (Winn, 1994, citado en Perales y Jiménez, 2004).

Sin duda, los códigos y formatos sintácticos convencionales y consensuados por la comunidad científica, utilizados por los autores de libros de texto y el docente en el ámbito de la enseñanza de la Física, no siempre son compartidos por los estudiantes. Los códigos y formatos sintácticos en los que hemos detectados falta de consenso en el aula abarcan tanto el lenguaje verbal (como en el caso del concepto de lanzamiento y caída libre), el gráfico (como en el caso de la cuadrícula) y el formal (como la interpretación de los símbolos presentes en la Imagen 3). Las diversas situaciones expuestas generan la necesidad de una intervención didáctica específica y apropiada sin la cual difícilmente se concretarían los aprendizajes.

En consecuencia, es necesario proponer diversas actividades a los alumnos para que manejen diferentes tipos de lenguaje en distintas

situaciones de aprendizaje, de modo que puedan interpretar la información correctamente y expresar sus conocimientos, sus aciertos e incoherencias, en diversas formas.

El presente trabajo constituye un estudio exploratorio sobre el tema, por lo tanto, abre la puerta a la implementación de diferentes estrategias de indagación que permitan la contrastación de los resultados obtenidos y posibiliten la construcción de nuevo conocimiento sobre la utilización de las imágenes como un instrumento válido para el diagnóstico de las concepciones alternativas y la comprensión de los diferentes tipos de lenguaje en la enseñanza de las Ciencias.

Referencias bibliográficas

Aramburu Oyarbide, M. (2004). Relaciones entre el desarrollo operatorio, las preconcepciones y el estilo cognitivo. *Revista Iberoamericana de Educación*, 33.

Ausubel, D.; Novak, J. y H. Hanesian (1989). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.

Benarroch, A. (2005). Curso de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias y la Tecnología: *La construcción del conocimiento científico*. Universidad de Granada.

Carrascosa, J. (2005a). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 183-208.

Carrascosa, J. (2005b). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte II) El cambio de concepciones alternativas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 388-402.

Driver, R.; Guesne, E. y A. Tiberghien (1992). *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*. Madrid: Morata.

Fumagalli, L. (1993). *El desafío de enseñar Ciencias Naturales*. Buenos Aires: Troquel.

Galagovsky, L. R. (2004). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 2: Derivaciones comunicacionales y didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 349-364.

Gil Pérez, D. y M. Guzmán Ozámiz (1993). *Enseñanza de las ciencias y la Matemática. Tendencias e innovaciones*. Organización de Estados Iberoamericanos. Para la Educación, La Ciencia y la Cultura. <http://www.campus-oei.org/oeivirt/ciencias.htm>

Giorgi, S.; Pozzo, R. y S. Concari (2005). Cuerpos en Movimiento: Un estudio de investigaciones publicadas y de las representaciones de los estudiantes universitarios. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 31, Año XVI, 199-218.

Jiménez Valladares, J. y F. Perales Palacios (2002). La evidencia experimental a través de la imagen de los libros de texto de Física y Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(2), Artículo 5. En <http://www.saum.uvigo.es/reec>.

Marín Martínez, N. (1999). Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 80-92.

Moles, A. (1991). Pensar en línea, pensar en superficie. En Costa, J y Moles, A (Eds.), *Imagen Didáctica. Enciclopedia del Diseño* (pp. 9-35). Barcelona: Ceac.

Oliva, J.M. (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 93-107.

Osborne, R. y P. Freyberg (1991). *El aprendizaje de las Ciencias. Implicaciones de la ciencia de los alumnos*. Madrid: Narcea.

Perales, F y J. Jiménez (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 369-386.

Perales, F. y Jiménez, J. (2004) Las ilustraciones en los libros de Física y Química de la ESO. En Gil, J.J. (Coord.), *Aspectos didácticos de Física y Química* (pp. 11-65). I.C.E. de la Universidad de Zaragoza.

Pozo, J.I. y M.A. Gómez Crespo (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata

Resnick, R.; Halliday, D. y K. Krane (1999). *Física*. Volumen 1. México: C.E.C.S.A.

Rodríguez Moneo, M. (1999). *Conocimiento previo y cambio conceptual*. Argentina: Aique.

Tipler, P. (1995). *Física*. Barcelona: Reverté.

Velasco, R. y A. Garritz (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Investigación Educativa*, 14 (2), 92-105.

Viennot, L. (1979). *Le Raisonement Spontané en Dynamique Elémentaire*. París: Herman.