

# Utilidad de las imágenes en la anticipación de situaciones experimentales



**Carla Inés Maturano, Susana Beatriz Aguilar y Graciela Inés Núñez**  
*Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales.*  
*Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes. Universidad Nacional de San Juan.*  
*Av. I. de La Roza 230 oeste. San Juan. Argentina. 5400. Tel: 54-264-4228422.*

**E-mail:** cmatur@ffha.unsj.edu.ar

(Recibido el 3 Junio 2013, aceptado el 29 de Agosto de 2013)

## Resumen

Pretendemos indagar las habilidades de los estudiantes para relacionar magnitudes físicas a partir de un dibujo figurativo con signos. Este representa un aparato que permitiría realizar experimentos con gases para analizar sus propiedades. Esperamos que los estudiantes relacionen las magnitudes que pueden medirse con los instrumentos y otros elementos que constituyen la imagen con el fin de idear situaciones experimentales que pudieran realizarse con el aparato. Los resultados muestran algunas dificultades referidas al manejo de las magnitudes involucradas y a la factibilidad de los experimentos en función del aparato graficado. Destacamos algunas potencialidades de la utilización de la imagen para el manejo de variables y la anticipación de situaciones experimentales.

**Palabras clave:** Imagen, gas ideal, experimentos.

## Abstract

We aim at investigating the students' abilities to relate physical quantities from a figurative drawing with signs. This drawing represents a device that would allow to do experiments with gases in order to analyze its properties. We expect students to relate the quantities that can be measured with the instruments with other components of the image in order to plan experimental situations which may be made with the device. The results show some difficulties related to the management of the quantities involved and the feasibility of carrying out the experiments with the device drawn. We highlight some potentialities for image use to deal with variables and with the anticipation of experimental situations.

**Keywords:** Image, ideal gas, experiments.

**PACS:** 01.40.gb; 01.50.Pa; 05.70.Ce

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

Numerosos estudios reportan la falta de experimentación en las aulas de Ciencias lo que impactaría en la formación de los estudiantes en varios planos: conceptual, en la medida en que muchos fenómenos se aprenderían totalmente desvinculados del contexto real en que se producen; procedimental, ya que los estudiantes no se apropiarían de los métodos con que la Ciencia accede a los algunos conocimientos y actitudinal, al favorecer una concepción parcial de la actividad científica [1, 2, 3, 4]. Sin embargo, aunque para algunos temas es adecuada y necesaria la experimentación, esto no ocurre siempre, aún cuando los contenidos involucren magnitudes medibles en un experimento. Los factores que podrían hacer que el docente tome la decisión de optar por sustituir el trabajo en el laboratorio por otras actividades en el aula se relacionarían con la inexistencia de material, la poca probabilidad de llegar a resultados convincentes a partir del instrumental

disponible, la peligrosidad de la manipulación de ciertos elementos para el grupo de alumnos, entre otros.

En el caso que nos ocupa en esta investigación, referida al aprendizaje de contenidos relacionados con la ecuación de estado del gas ideal, las presiones con que es necesario experimentar para acercarnos al comportamiento del gas ideal a partir de un gas real requerirían una manipulación experimental tan compleja que sería imposible de realizar con los aparatos disponibles en la mayoría de los laboratorios de escuela o universidad.

Del análisis de la bibliografía más utilizada por los investigadores en enseñanza de las Ciencias, hemos observado que el uso de las representaciones gráficas referidas a situaciones experimentales para la identificación de variables, es un ámbito poco estudiado. En este trabajo, hemos seleccionado de un libro de texto una representación gráfica que muestra un dispositivo que se utiliza como evidencia experimental para encontrar la ecuación de estado del gas ideal. A partir de la observación de esta imagen proponemos actividades que implican la propuesta de

1 situaciones experimentales factibles de realizar con el  
2 mismo. Esto requiere, además de un dominio acabado de  
3 algunos conceptos, la capacidad de aplicación en contextos  
4 o situaciones experimentales determinadas [5]. Involucran,  
5 por lo tanto, acciones tales como las define Piaget [6],  
6 entendidas no sólo como actuación material sino sobre todo  
7 del pensamiento. En este contexto, poder diseñar situaciones  
8 experimentales a partir de la imagen es un desafío por la  
9 complejidad de los procesos que deben poner en juego los  
10 estudiantes en la realización de estas actividades.

## 14 II. MARCO TEÓRICO

### 16 A. La experimentación en jóvenes y adultos: 17 posibilidades y limitaciones del pensamiento formal

19 Las habilidades cognitivas necesarias para la  
20 experimentación resultaron de gran interés a la hora de  
21 pensar en la comprensión de los conceptos y la adquisición  
22 de procedimientos para el desarrollo tanto del pensamiento  
23 como del método científico en los estudiantes. El  
24 pensamiento formal parecía ser una condición indispensable  
25 para el aprendizaje de las Ciencias y la resolución de  
26 problemas complejos.

27 Es ampliamente reconocido el aporte de Jean Piaget  
28 respecto al desarrollo cognitivo desde la primera infancia a  
29 la adultez. Sin pretender adentrarnos en la descripción de los  
30 estadios de pensamiento, nos proponemos mostrar algunas  
31 características del pensamiento formal. Este último estadio,  
32 denominado 'de las operaciones formales', corresponde a  
33 los adolescentes a partir de los 15 años y a la edad adulta. El  
34 autor identifica una serie de destrezas que tienen especial  
35 relación con procesos de pensamiento frecuentes en el  
36 aprendizaje de las Ciencias y con contenidos vinculados con  
37 situaciones experimentales.

38 Sin caer en un reduccionismo, destacamos las  
39 características que Carretero [7] sintetiza para este estadio:

40 - La capacidad de abstracción y comprensión de nociones  
41 complejas. El adolescente se desprende de los datos  
42 concretos y relaciona las variables que intervienen en una  
43 situación.

44 - La anticipación de lo posible sobre lo real. El joven es  
45 capaz de prever todas las posibilidades de combinación y  
46 relación entre los elementos de un problema, despegándose  
47 de los datos concretos.

48 - El razonamiento hipotético deductivo. Puede anticipar  
49 hipótesis sobre los hechos, someterlas a prueba mediante la  
50 experimentación y llegar a conclusiones. En este proceso, se  
51 destaca la capacidad para controlar variables, manteniendo  
52 constante todas, menos una.

53 - El pensamiento proposicional. El lenguaje es el  
54 instrumento fundamental para expresar su representación de  
55 lo posible. Es mediante el lenguaje que puede representar  
56 las abstracciones a las que puede llegar. Por ello, es  
57 necesario un uso exhaustivo de los términos, así como las  
58 proposiciones que muestran las relaciones entre conceptos.

59 Los resultados de las investigaciones postpiagetanas han  
60 planteado algunas dudas sobre el carácter formal descripto

61 en este estadio. En los últimos tiempos, esta caracterización  
62 ha recibido numerosas críticas vinculadas a su validez  
63 universal, la dificultad relativa de las tareas formales, la  
64 falta de consideración del contenido de esas tareas y los  
65 resultados obtenidos por las diferentes franjas etarias:  
66 preadolescentes, adolescentes, jóvenes y adultos [7]. Una  
67 serie de factores condicionan el desempeño de adolescentes  
68 y adultos en relación a las tareas formales, algunos de ellos  
69 provienen de los sujetos, otros de la actividad misma, o bien  
70 se relacionan con el contenido abordado.

71 En los últimos tiempos, se ha pasado de considerar el  
72 pensamiento formal como una herramienta potentísima que  
73 bastaría casi para abordar cualquier tarea, a una concepción  
74 según la cual es posible actuar a nivel formal en  
75 determinadas tareas y a nivel mucho más concreto en otras.  
76 Pozo y Carretero [8] llamaron a este problema "la crisis de  
77 la omnipotencia lógica". El pensamiento formal ni siquiera  
78 sería un pensamiento en el sentido de una estructura de  
79 conjunto sino, más bien, una colección de estrategias o  
80 esquemas que no se adquieren unitariamente y que, por  
81 supuesto, no son totalmente formales. Se ha pasado de un  
82 énfasis casi exclusivo en el desarrollo de determinadas  
83 capacidades de razonamiento formal a prestar de nuevo  
84 atención a los contenidos concretos. Ahora sabemos que el  
85 pensamiento formal es, probablemente, una condición  
86 necesaria para acceder al conocimiento, pero no es una  
87 condición suficiente [9]. Está comprobado, además, que las  
88 ideas previas de los individuos interfieren en el desempeño  
89 esperado para el pensamiento formal.

### 92 B. Aprender Ciencias: una conjunción de habilidades 93 para la construcción del conocimiento científico

95 En los estudios actuales se pone el énfasis en el desarrollo  
96 de "habilidades para el conocimiento científico" en los  
97 jóvenes y adultos [10]. Por lo tanto, se puede pensar en el  
98 desarrollo de procedimientos que permitan acceder a formas  
99 científicas de llegar al conocimiento. Al respecto Pozo [11]  
100 afirma que se deben enseñar esos procedimientos no de  
101 forma general sino desde los conocimientos específicos de  
102 cada disciplina. Es decir que los procedimientos no se  
103 pueden separar de los contenidos a aprender.

104 Zabala [12] reafirma la necesidad de realizar actividades  
105 que articulen tanto la teoría y la práctica como los conceptos  
106 y los procedimientos para lograr aprendizajes efectivos en el  
107 aula de Ciencias. El autor define los contenidos  
108 procedimentales como un conjunto de 'saberes hacer' que  
109 implican destrezas, habilidades, estrategias y técnicas, se  
110 presentan como un conjunto de acciones ordenadas y están  
111 dirigidas a un fin específico. Duggan y Gott [13] consideran  
112 que el conocimiento procedimental se vincula a la capacidad  
113 para dar solución a problemas a partir de las propias  
114 experiencias, sin ayuda del profesor. En este sentido,  
115 necesitan poseer habilidades y 'conceptos de evidencias', es  
116 decir, todos aquellos conocimientos que se encuentran  
117 relacionados con los datos obtenidos, las variables y sus  
118 relaciones con la realidad, la recolección de datos, el  
119 análisis e interpretación de los mismos, etc.

1 Algunas investigaciones sobre el proceso de razonamiento  
2 científico se han dedicado al desarrollo de la estrategia del  
3 control de variables. Comúnmente, los fenómenos  
4 científicos comprenden la interacción de múltiples variables  
5 cuya influencia sobre otras debe ser identificada. Por esto, el  
6 control de variables es una estrategia fundamental a tener en  
7 cuenta en un experimento: la influencia de algunas variables  
8 debe mantenerse constante para que el efecto en una  
9 variable determinada pueda ser identificado. Pero incluso la  
10 propia realización de este objetivo va más allá de dominar la  
11 técnica del control de variables. Identificar y examinar el  
12 efecto de una sola variable a la vez es un desafío y  
13 contribuye al éxito en la experimentación [10].

14 Sin embargo, aun cuando la estrategia de controlar las  
15 variables se realiza con éxito, lo que importa en el mundo  
16 real de las Ciencias es atender a las múltiples variables que  
17 están presentes en un experimento científico. Éstas  
18 coexisten y muchas de ellas influyen en los resultados del  
19 experimento. La tarea del científico es tener en cuenta los  
20 efectos pertinentes de las múltiples variables para predecir  
21 cómo afectarán en forma conjunta el resultado. En esta  
22 tarea, el razonamiento científico sería multivariable [14].  
23 Esto no siempre es logrado por los estudiantes. Kuhn [15]  
24 propone una primera fase de identificación de las variables  
25 que permita generar acciones a seguir y promover  
26 inferencias acertadas. Esta fase inicial otorgaría significado  
27 y dirección a las tareas siguientes. La autora considera que  
28 la cuestión del control de variables no es lo único  
29 importante en el desarrollo del razonamiento científico, la  
30 complejidad de la tarea y la falta de familiaridad con los  
31 efectos de las variables individuales también podrían influir  
32 en el desempeño de los estudiantes.

### 34 C. El uso de las imágenes en la identificación de 35 variables y el diseño de experimentos por anticipación

37 En la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales  
38 se acude con frecuencia a diversos recursos simbólicos  
39 mediante sistemas de representación externa como  
40 enunciados, diagramas, ilustraciones, gráficas cartesianas,  
41 ecuaciones, etc. En ellas, los estímulos visuales, textuales  
42 y/o gráficos son significantes que dotan de sentido al objeto  
43 representado. Las actividades de observación de dibujos e  
44 imágenes estáticas y en movimiento en las que se realizan  
45 procedimientos de comparación, inferencias, recuperación o  
46 transferencia, favorecen la manipulación de la información  
47 seleccionada del entorno para conectarla a los significados  
48 que ya posee el estudiante y así contribuir a los aprendizajes  
49 [16].

50 En los contextos reales de aprendizaje, muchas veces se  
51 trabaja con los experimentos que proponen los libros de  
52 texto y las imágenes que los representan, donde “las  
53 evidencias experimentales planteadas pretenden mostrar  
54 ‘verdades científicas’ mediante falsas situaciones  
55 experimentales que sustituyen de un modo sucedáneo al  
56 trabajo práctico (...)” [17]. En otros casos, las explicaciones  
57 del docente, utilizando textos y/o gráficos, pretenden  
58 reemplazar el trabajo experimental y dan por supuesta la  
59 comprensión del tema.

### Utilidad de las imágenes en la anticipación de situaciones experimentales

60 Jiménez Valladares y Perales Palacios [17] indagaron sobre  
61 el uso de la evidencia experimental a través de la imagen y  
62 cómo influye el escaso conocimiento, sobre las  
63 posibilidades reales de la representación gráfica, que “unido  
64 a un didactismo excesivo, aunque bien intencionado, puede  
65 dar lugar a un producto de dudosa calidad educativa”. Las  
66 imágenes que se utilizan con esta intención presentan a  
67 modo de evidencias, las interpretaciones de la teoría que se  
68 trata de demostrar, por medio de la persuasión. Aunque sus  
69 estudios se refieren al uso de las ilustraciones en libros de  
70 texto, es interesante destacar que según estos autores el  
71 exceso de la argumentación visual en los textos, a veces  
72 resulta “abusiva, ambigua o errónea”.

73 Pensamos, que es necesario profundizar en las  
74 habilidades que ponen en juego los sujetos frente a las  
75 imágenes científicas y en los procedimientos intelectuales  
76 puestos de manifiesto cuando predicen experimentos  
77 científicos a través de imágenes utilizadas como evidencia  
78 experimental. Para ello, podría pedírseles a los estudiantes  
79 que anticipen las variables intervinientes y el diseño de  
80 experimentos a partir de la observación de una imagen de  
81 este tipo. En esta acción intervendrían tanto las ideas previas  
82 de los sujetos como sus habilidades de pensamiento, que  
83 involucran tanto conceptos como procedimientos y  
84 actitudes.

### 88 III. METODOLOGÍA

90 En el presente trabajo pretendemos indagar las habilidades  
91 de los estudiantes para relacionar magnitudes físicas a partir  
92 de un dibujo figurativo con signos. Para esto diseñamos y  
93 aplicamos un instrumento para la propuesta de experimentos  
94 que podrían realizarse con el dispositivo presentado en la  
95 imagen. Un dibujo figurativo con signos (acompañado de  
96 etiquetas) es aquel en el que predomina la representación  
97 orgánica, mostrando los objetos mediante la imitación de la  
98 realidad. En la figura seleccionada las etiquetas son  
99 nominativas, es decir que presentan letras o palabras que  
100 identifican algunos elementos de la imagen [18]. Las  
101 actividades propuestas forman parte de la aplicación de un  
102 instrumento que incluye, inicialmente, la conversión de los  
103 elementos observados en la imagen al lenguaje escrito  
104 mediante una descripción [19].

105 El dibujo figurativo utilizado (Cuadro 1) está sacado del  
106 libro de Física para alumnos universitarios de Resnick,  
107 Halliday y Krane [20]. En el texto el dibujo se utiliza como  
108 evidencia experimental ya que a partir de éste el autor  
109 deduce las leyes de Avogadro, de Boyle y de Charles - Gay  
110 Lussac usando una serie de suposiciones que explican el  
111 procedimiento general de experimentación a través de  
112 variaciones de las propiedades macroscópicas del gas. La  
113 imagen se acompaña en el texto con gráficas cartesianas que  
114 muestran puntos supuestamente experimentales que difieren  
115 del comportamiento del gas ideal hipotético. Así, la imagen  
116 es utilizada como instrumento de persuasión para convencer  
117 de la posibilidad de llegar a la ecuación de estado del gas  
118 ideal combinando las leyes ya mencionadas, obtenidas a

1 partir de experimentos supuestamente realizados con el  
 2 dispositivo.  
 3 La figura se extrajo de su contexto original,  
 4 despojándola del texto escrito con el que se relaciona en la  
 5 fuente y se insertó en la prueba diseñada donde se propone a  
 6 los estudiantes preguntas de respuesta abierta (Cuadro 1).

7  
 8

Actividades	
El aparato que se muestra en la figura puede utilizarse para experimentar con gases. ¿Qué magnitudes piensas que se pueden medir utilizando este dispositivo?	
¿Qué experimentos realizarías con este aparato?	

9  
 10  
 11

**CUADRO 1.** Instrumento diseñado para la investigación.

12 Hemos seleccionado en esta investigación: la observación  
 13 de un dispositivo que permitiría realizar experimentos, la  
 14 identificación de las variables, la relación entre ellas con el  
 15 fin de proponer el diseño de experimentos supuestos que  
 16 puedan realizarse a partir de ese dispositivo. Los estudiantes  
 17 deben proponer experimentos concretos factibles de realizar  
 18 con el dispositivo en los cuales busquen indagar alguna  
 19 característica de las magnitudes involucradas y/o relación  
 20 física entre ellas.

21 Esta investigación tiene carácter exploratorio y  
 22 descriptivo. La muestra seleccionada incluye grupos de  
 23 estudiantes universitarios de diferente formación académica  
 24 relacionada con las Ciencias Naturales, que cursan distintas  
 25 carreras en una universidad estatal de la Provincia de San  
 26 Juan (Argentina). Los grupos son pequeños ya que  
 27 corresponden a carreras poco numerosas, debiéndose aplicar  
 28 esta experiencia durante dos años consecutivos para obtener  
 29 los resultados que se presentan en este trabajo. Los detalles  
 30 de cada muestra se indican en el Cuadro 2.

31 La realización de las actividades se ha llevado a cabo en  
 32 clases de Ciencias, en forma escrita e individual e involucra  
 33 contenidos del currículum de la asignatura correspondiente.  
 34 La aplicación se llevó a cabo antes de trabajar en las clases  
 35 los contenidos referidos a la ecuación de estado de un gas  
 36 ideal, al nivel de la formación básica de las carreras de  
 37 Ciencias.

38

Muestra	N	Descripción	
1	12	Primer Año de Profesorado en Química y Profesorado en Física (2007).	Esta muestra representa la situación inicial de estudiantes universitarios en carreras de Ciencias. Sus conocimientos previos están vinculados a los contenidos abordados durante la educación secundaria.
2	12	Tercer Año de Profesorado en Química (2007-2008)	Esta muestra representa la situación de estudiantes universitarios avanzados en carreras de formación docente en Ciencias con conocimientos previos de Química General y experiencia en prácticas de laboratorio.
3	15	Tercer Año de Licenciatura en Geofísica y Licenciatura en Astronomía (2007-2008)	Esta muestra representa la situación de estudiantes universitarios avanzados en carreras de Ciencias con diferente formación en Química General (dependiendo de la carrera y formación de secundario individual) y sin experiencia en prácticas de laboratorio a nivel universitario.

39  
 40  
 41  
 42

**CUADRO 2.** Descripción de la muestra.

43 **IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

44  
 45 Para analizar los resultados, proponemos categorías de  
 46 análisis en que podrían encuadrarse los experimentos  
 47 elaborados por los estudiantes. En primer lugar, hacemos  
 48 un estudio sobre la cantidad de experimentos en los  
 49 diferentes niveles y finalmente, realizamos un análisis de  
 50 tales experimentos incorporando ejemplos.  
 51

63

52 **A. Respuestas esperadas y categorías de análisis en la**  
 53 **propuesta de experimentos posibles de realizar con el**  
 54 **dispositivo**

55 Para analizar los experimentos propuestos por los  
 56 estudiantes usamos las siguientes categorías ordenadas en  
 57 niveles según la complejidad de las vinculaciones entre las  
 58 magnitudes físicas. Si bien la factibilidad de los  
 59 experimentos ha sido tenida en cuenta, el ordenamiento de  
 60 las categorías obedece a grados de apropiación creciente  
 61 del manejo de variables, como se indica en el Cuadro 3.

62

Nivel	Denominación <i>El estudiante...</i>	Descripción <i>En esta categoría se incluyen los casos donde el estudiante...</i>
1	Busca observar cualitativamente algún proceso que involucra una variable.	-Propone experiencias muy generales o cualitativas que implican el manejo de una variable. -Nombra un proceso físico que involucra una variable sin especificar el procedimiento de medición correspondiente.
2	Busca realizar mediciones sobre una o más variables en una misma situación física.	-Propone mediciones involucrando una o más variables pero no las relaciona entre sí.
3	Busca la relación entre dos variables mediante procedimientos inadecuados.	-Averigua una relación entre muchas variables simultáneamente (no controla adecuadamente las variables). -Indaga una relación entre dos variables pero el análisis propuesto es cualitativo. -Investiga una relación entre dos variables con especificaciones confusas, incompletas o erróneas (por ejemplo, confundiendo las variables independiente y dependiente).
4	Busca la relación entre dos variables desconociendo las posibilidades y limitaciones reales del dispositivo.	-Investiga una relación entre dos variables válida para estudiar las propiedades de los gases, pero cuya experimentación no podría realizarse con el dispositivo mostrado en la imagen por limitaciones propias del aparato vinculadas a la manipulación independiente de algunos parámetros.
5	Busca comprobar experimentalmente una ecuación o ley física conocida.	-Propone realizar mediciones correspondientes a dos variables en una misma situación física para calcular alguna otra magnitud física que se define a partir de ellas. -Propone medir dos o más variables y vincularlas aplicando alguna relación conocida entre ellas (leyes de los gases, ecuación de estado de un gas ideal, etc.)
6	Busca experimentalmente la relación entre dos variables.	-Propone un experimento controlado que relaciona dos variables para averiguar la correlación entre ellas. -Averigua una relación entre dos variables controlando las restantes, e identificando en forma correcta la variable independiente y la dependiente. -Investiga una relación entre dos variables sin especificar otras condiciones (no indica qué magnitudes deben mantenerse constantes). En este caso no hay elementos en la respuesta que nos puedan mostrar un manejo inadecuado de las variables.

CUADRO 3. Categorías propuestas para el análisis de los experimentos.

1  
2  
3

4 **V. RESULTADOS OBTENIDOS**

5  
6 **A. Propuesta de experimentos posibles de realizar con el dispositivo**

7  
8  
9 **Cantidad de experimentos propuestos por nivel**

10 La cantidad de experimentos propuestos por los  
11 estudiantes varía dependiendo de la muestra y del nivel. En  
12 el Gráfico 1 presentamos la cantidad de experimentos en  
13 función del nivel para cada una de las muestras por  
14 separado.

15

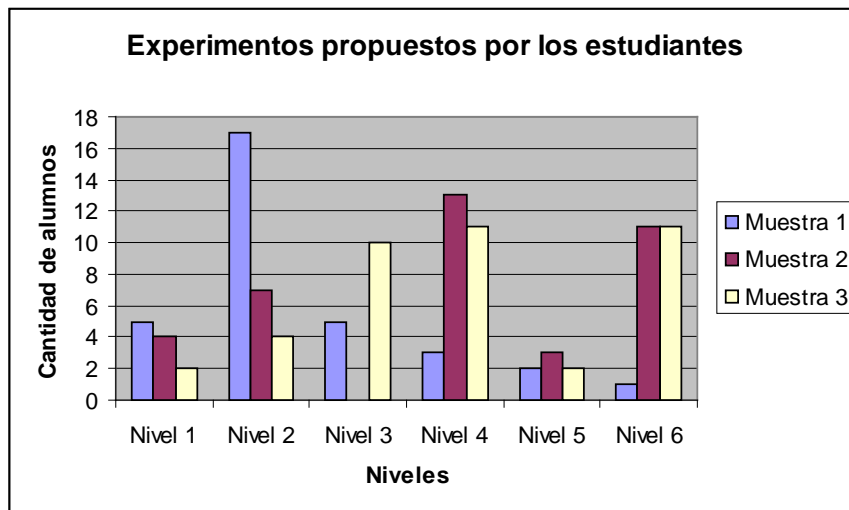
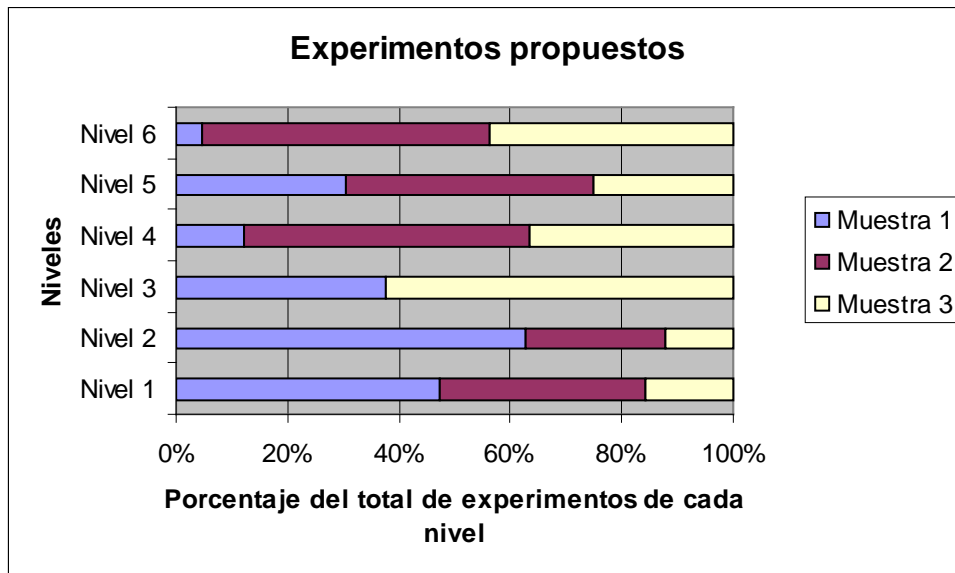


GRÁFICO 1. Experimentos propuestos en función del nivel para cada muestra.

16  
17  
18

1 Del análisis de este gráfico surgen las siguientes  
 2 reflexiones:  
 3 - **Muestra 1:** Proponen experimentos en todos los  
 4 niveles con predominancia del Nivel 2, lo cual indica  
 5 que **la actividad experimental se asocia**  
 6 **principalmente con la medición de una cantidad**  
 7 **física**, seguida por los experimentos cualitativos  
 8 (Nivel 1) e intentos inadecuados de relacionar  
 9 variables entre sí (Nivel 3). Los niveles 5 y 6  
 10 generalmente no son alcanzados por ellos.  
 11 - **Muestra 2:** En este caso la distribución de la cantidad  
 12 de experimentos no aparece centrada en un valor  
 13 como en el caso anterior sino que **surgen valores**  
 14 **significativos para los experimentos propuestos sin**  
 15 **tener en cuenta las posibilidades y limitaciones**  
 16 **reales del dispositivo** (Nivel 4) y **los experimentos**  
 17 **controlados** (Nivel 6). Es necesario destacar además  
 18 la presencia de experimentos cualitativos o de una  
 19 medición (niveles 1 y 2). Destacamos la ausencia de

20 experimentos de Nivel 3 y la presencia de  
 21 experimentos de Nivel 5 que puede justificarse en el  
 22 conocimiento previo de las leyes de los gases  
 23 abordadas en el primer año de la carrera a la que estos  
 24 estudiantes pertenecen.  
 25 - **Muestra 3:** En este caso se destacan los experimentos  
 26 en los niveles 3, 4 y 6, lo que muestra que **intentan**  
 27 **relacionar las variables entre sí aunque sólo**  
 28 **algunos lo logren y otros lo hagan en forma**  
 29 **inadecuada desde lo procedimental o desde las**  
 30 **posibilidades del dispositivo**. Son menores que en la  
 31 Muestra 2 la cantidad de experimentos propuestos  
 32 para los restantes niveles.  
 33 Para hacer un análisis detallado de lo que ocurre en cada  
 34 uno de los niveles hemos graficado cómo se distribuyen  
 35 según la muestra, tomando como total la cantidad de  
 36 experimentos por nivel. Obtuvimos así el Gráfico 2 que  
 37 nos permite comparar para cada nivel las respuestas de los  
 38 estudiantes de cada muestra.  
 39



40 **GRÁFICO 2.** Distribución de experimentos para cada muestra tomando como total la cantidad de experimentos por nivel.

41  
42

43 Del análisis de los resultados graficados surgen las  
 44 siguientes reflexiones:  
 45 **Nivel 1:** Considerar que experimentar es observar  
 46 cualitativamente algún fenómeno físico es común en los  
 47 tres grupos con predominancia de la Muestra 1. En el caso  
 48 de la Muestra 2, la formación docente de estos estudiantes  
 49 puede haberlos llevado a proponer experimentos  
 50 cualitativos que se enseñan como adecuados para varios  
 51 niveles educativos y como objetivo de la actividad  
 52 experimental en variadas circunstancias.  
 53 **Nivel 2:** En la Muestra 1 predominan los experimentos  
 54 propuestos para medir una variable superando el 60% de  
 55 experimentos de este nivel. Las muestras 2 y 3 aportan  
 56 porcentajes menores.  
 57 **Nivel 3:** Los estudiantes de las muestras 1 y 3 (con menor  
 58 cantidad de conocimientos previos sobre el tema en  
 59 general) hacen intentos de relacionar las variables pero no  
 60 logran hacerlo adecuadamente. Los de la Muestra 2 no

61 formulan experimentos en esta categoría mostrando que  
 62 superaron este nivel o no logran alcanzarlo aún.  
 63 **Nivel 4:** Los estudiantes de mayor formación académica  
 64 (muestras 2 y 3), que intentan formular relaciones entre las  
 65 variables terminan tropezando con las limitaciones del  
 66 aparato. Las respuestas obtenidas en este nivel pueden  
 67 haberse originado en la formulación de experimentos a  
 68 partir de la combinación de las relaciones matemáticas  
 69 posibles entre las variables identificadas (conocimiento  
 70 ampliamente adquirido en su formación universitaria), sin  
 71 sujetar sus propuestas al dispositivo que se presenta en la  
 72 imagen.  
 73 **Nivel 5:** Notamos un comportamiento semejante en todos  
 74 los grupos, predominando levemente la Muestra 2 con  
 75 mayor conocimiento previo de las leyes de los gases.  
 76 **Nivel 6:** Las respuestas de las muestras 2 y 3 son  
 77 semejantes y superan ampliamente a la contribución en  
 78 este nivel de las respuestas de la Muestra 1. Casi  
 79 exclusivamente los estudiantes de mayor formación

1 académica lograron proponer experimentos en que se  
2 relacionen adecuadamente las variables a través de  
3 procedimientos compatibles con las posibilidades y  
4 limitaciones del dispositivo presentado en la imagen.

5  
6 **Análisis de los experimentos propuestos**

7 Del análisis de los experimentos propuestos en cada nivel  
8 surgen algunos ejemplos de respuestas que merecen ser  
9 destacados:

10 **Nivel 1: El estudiante busca observar cualitativamente  
11 algún proceso que involucra una variable**

12 - Propone experiencias muy generales o cualitativas que  
13 implican el manejo de una variable: “Someter un gas a una  
14 temperatura determinada y estudiar su comportamiento”  
15 (1-4).

16 - Nombra un proceso físico que involucra una variable sin  
17 especificar el procedimiento de medición correspondiente:  
18 “Compresión gaseosa” (2-8). En este caso la variable a  
19 observar sería el volumen del gas pero no se indica con  
20 qué se relacionará y qué mediciones habría que realizar.  
21 En otros casos, involucran procesos en los que no  
22 solamente intervienen gases como el estudiante que

23 propone “Calentar el líquido y convertirlo en gaseoso” (1-  
24 7) para observar cualitativamente el cambio de estado del  
25 sistema en estudio.

26 **Nivel 2: El estudiante busca realizar mediciones sobre  
27 una o más variables en una misma situación física.**

28 - Propone mediciones involucrando una o más variables  
29 pero no las relaciona entre sí: “Averiguaría la presión que  
30 hay a una cierta temperatura” (1-5). Para el caso de  
31 muchas variables, un estudiante propone: “Mediríamos la  
32 presión, temperatura y volumen de los gases” (1-1).

33 Circunscribiéndonos a esta categoría, cuando corresponde  
34 a respuestas en las que el estudiante selecciona una sola  
35 variable para realizar la medición o cálculo, nos interesa  
36 analizar cuál es la variable que elige entre todas las  
37 posibles. Con ese objetivo construimos el Gráfico 3 donde  
38 se observa que los estudiantes de menor edad (Muestra 1)  
39 que centran su atención en una sola variable a medir, lo  
40 hacen en mayor medida en la temperatura que se mide  
41 directamente a partir del termómetro, seguida del volumen  
42 y la presión. Aunque esta tendencia también aparece en los  
43 otros grupos, la predominancia de la temperatura se diluye  
44 especialmente si nos referimos a la Muestra 3.

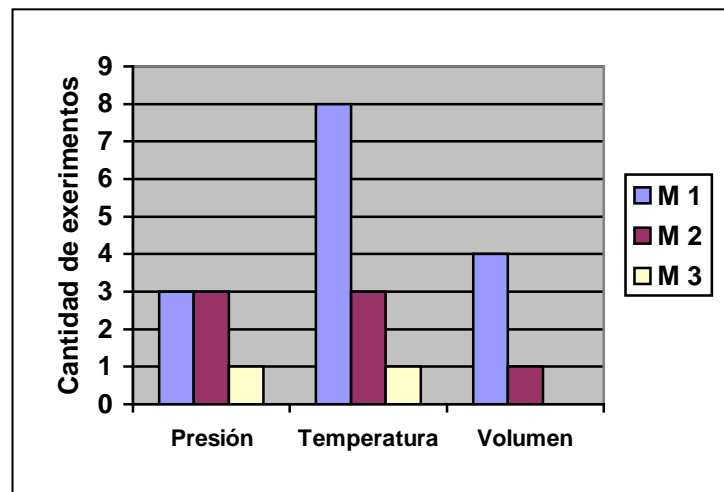


GRÁFICO 3. Cantidad de experimentos que involucran una variable en cada muestra.

66 **Nivel 3: El estudiante busca la relación entre dos  
67 variables mediante procedimientos inadecuados.**

68 - Averigua una relación entre muchas variables  
69 simultáneamente (no controla adecuadamente las variables):  
70 Maneja tres variables simultáneamente como en el caso de  
71 “Con N constante varío la presión para variar la temperatura  
72 y el volumen” (3-11). Mayor cantidad de variables  
73 intervienen en la respuesta de (1-11) que afirma “Mediría el  
74 volumen de cada gas a temperatura y presión distinta”, en  
75 que varía el tipo de gas, la temperatura y la presión  
76 simultáneamente para medir el volumen ocupado por el gas.

77 - Indaga una relación entre dos variables pero el análisis  
78 propuesto es cualitativo: “Ejercer presión a distintas  
79 temperaturas y analizar el comportamiento de sus partículas”  
80 (1-4), no especificando qué se entiende por comportamiento.

81 - Investiga una relación entre dos variables con  
82 especificaciones:

83 - confusas: “Podríamos aplicar una fuerza mayor sobre el  
84 émbolo. Con esto esperaríamos una disminución en el  
85 volumen seguida de un aumento de presión” (3-2). No indica  
86 que la temperatura y el tipo y cantidad de gas deben  
87 mantenerse constantes. De acuerdo al orden en que redacta,  
88 la disminución del volumen es una consecuencia del  
89 aumento en la presión y no al revés.

90 - incompletas: “Medir la presión de distintos gases” (3-4).  
91 Varía en este caso la presión y el tipo de gas sin indicar qué  
92 haría con el resto de las variables.

93 - erróneas: Dentro de esta subcategoría incluimos aquellos  
94 experimentos en que el estudiante:

95 - Confunde las variables independiente y dependiente:  
96 Algunos estudiantes consideran que para estudiar la relación



1 entre el volumen y la presión deberán manejar externamente  
2 el volumen y así notará efectos en la presión. En el  
3 dispositivo presentado esto ocurre al revés, variando la  
4 presión podrán analizar las variaciones en el volumen. Una  
5 respuesta que muestra este inconveniente propone: “Estudiar  
6 un cambio de presión frente a un cambio de volumen” (3-  
7 10).

8 - Confunde las relaciones causa-efecto: El estudiante (1-10)  
9 expresa “Puedo aumentar el número de moles aumentando el  
10 volumen del gas.” En este caso propone analizar la  
11 dependencia entre  $n$  y  $V$ . Aunque el análisis propuesto  
12 parece ser cualitativo, confunde las relaciones causa-efecto  
13 pues en realidad al aumentar el número de moles aumenta  $V$   
14 y no al revés. Por otra parte, puede variar el volumen del gas  
15 aunque se mantuviera constante el número de moles del  
16 sistema.

17 Cuando nos detenemos a analizar respuestas teniendo en  
18 cuenta el manejo de variables notamos muchas dificultades,  
19 pero surgen algunas contradicciones que llaman a reflexionar  
20 sobre la auténtica adquisición de esta habilidad. Así por  
21 ejemplo, el alumno 3-9 expresa textualmente: “Variando  
22 cualquier magnitud manteniendo a las demás constantes  
23 excepto una, se puede determinar la relación entre pares de  
24 variables.” Este enunciado indicaría conocimiento por parte  
25 del estudiante acerca del procedimiento a seguir para  
26 diagramar correctamente un experimento. Sin embargo, el  
27 mismo alumno afirma en otra respuesta que propone: “A  
28 volumen constante variaría la temperatura para ver la  
29 variación de  $h$  y medir (la relación) entre temperatura y  
30 presión se ve si afecta al volumen.”, mostrando cuáles son  
31 las limitaciones prácticas para concretar lo que afirma en  
32 forma teórica: si decide mantener constante el volumen no  
33 puede esperar variaciones de  $h$  ni tampoco operar  
34 simultáneamente sobre la temperatura y la presión para  
35 estudiar cómo afectan al volumen.

36 **Nivel 4: El estudiante busca la relación entre dos**  
37 **variables desconociendo las posibilidades y limitaciones**  
38 **reales del dispositivo.**

39 El aparato permite manejar externamente la cantidad de gas  
40 (y el tipo de gas), la presión y la temperatura (regulando la  
41 temperatura del depósito térmico). Cualquiera de estas  
42 magnitudes podría convertirse en variable independiente en  
43 un experimento. Sin embargo, el volumen no puede  
44 manejarse de este modo, convirtiéndose en una variable  
45 dependiente de las anteriores. No se pueden realizar cambios  
46 en la presión ejercida por el émbolo mediante  
47 modificaciones internas en el sistema. La presión no puede  
48 ser variable dependiente en este caso, surgiendo algunas  
49 dificultades relacionadas con la factibilidad. Algunos  
50 estudiantes consideraron a la presión ejercida por el émbolo  
51 como una magnitud dependiente de la temperatura del gas  
52 cuando se mantiene fijo el volumen y no como una variable  
53 que depende exclusivamente de cambios externos en el  
54 sistema.

55 Los errores hallados en los experimentos de esta  
56 categoría podrían deberse a que han combinado  
57 matemáticamente las variables que saben de antemano que

58 influyen en esta situación física (por sus conocimientos  
59 previos sobre el tema) y no han reparado que se pide  
60 proponer experimentos a partir de un dispositivo  
61 experimental determinado. Las respuestas en esta categoría  
62 muestran que el estudiante:

63 - Investiga una relación entre dos variables válida para  
64 estudiar las propiedades de los gases, pero cuya  
65 experimentación no podría realizarse con el dispositivo  
66 mostrado en la imagen por limitaciones propias del aparato  
67 vinculadas a la manipulación independiente de algunos  
68 parámetros. Esto puede deberse a varias razones, entre las  
69 cuales podemos destacar:

70 - Propone probar una relación teórica entre la presión y su  
71 interpretación microscópica que no puede experimentarse  
72 en forma directa: “La presión la podemos medir de acuerdo  
73 a la fuerza que ejercen los gases contra las paredes del  
74 interior del cilindro al estar comprimidos” (1-2).

75 - Propone utilizar el aparato como medidor de presión: el  
76 estudiante (3-3) propone “Medir  $\Delta p$  al aumentar el peso”.

77 - Propone variar la presión a partir de cambios internos del  
78 sistema: el estudiante expresa “Mediría la presión que  
79 ejerce cada gas a distinta temperatura” (1-11). En este caso  
80 varía la temperatura para estudiar la presión. No se puede  
81 medir la presión de este modo con este aparato si la  
82 temperatura es la variable independiente.

83 - Propone variar el volumen a partir de cambios realizados  
84 en el entorno: el estudiante indica que “Dejaría  $p=cte$   
85 aumentaría volumen para ver qué pasa con la temperatura”  
86 (2-6). El volumen del sistema no se puede aumentar con  
87 una acción del entorno. La variable independiente aquí  
88 debería ser la temperatura y no el volumen.

89 - Propone trabajar a volumen constante variando otras  
90 condiciones como la presión o la temperatura. Por ejemplo  
91 (3-1) expresa que estudiaría la “variación de presión al  
92 variar la temperatura a volumen constante.”

93 **Nivel 5: El estudiante busca comprobar**  
94 **experimentalmente una ecuación o ley física conocida.**

95 En algunos casos la descripción del experimento anticipa los  
96 resultados esperados, lo cual manifiesta que algunos  
97 estudiantes tienen conocimientos previos sobre el tema como  
98 ocurre cuando:

99 -Propone realizar mediciones correspondientes a dos  
100 variables en una misma situación física para calcular alguna  
101 otra magnitud física que se define a partir de ellas. Por  
102 ejemplo, la densidad como propone (1-2) expresando: “La  
103 densidad la podemos encontrar de acuerdo a la cantidad de  
104 masa que tenga el líquido o gas dividida en el volumen”.

105 -Propone medir dos o más variables y vincularlas aplicando  
106 alguna relación conocida entre ellas (leyes de los gases,  
107 ecuación de estado de un gas ideal, etc.). En todos los casos  
108 esta relación aparece implícita como en: “Determinar el  
109 volumen final de un gas a una temperatura constante a una  
110 presión 1 y luego a una presión 2 (partiendo de un volumen  
111 conocido)” (2-3) donde propone usar la ley de Boyle para  
112 calcular un volumen desconocido. También ocurre esto  
113 cuando se explicita el comportamiento esperado de alguna



1 magnitud al variar otra como en: “Con p y N constantes  
2 aumento la temperatura para aumentar el volumen” (3-11).  
3 Cabe destacar que la relación a verificar en algunos casos se  
4 formula en forma incorrecta como ocurre con (1-2) que  
5 indica que mediría “El volumen de un gas que a medida que  
6 aumentamos la temperatura éste disminuye” cuando la  
7 experiencia cotidiana muestra que la relación entre dichas  
8 variables es de proporcionalidad directa.

9 En otros casos, la vinculación aparece en forma  
10 incompleta como (3-11) que expresa que pretende:  
11 “Determinar la cantidad de partículas en el interior del  
12 recipiente con p y T” omitiendo el cálculo del volumen que  
13 intervendría si desea aplicar la ecuación de estado del gas  
14 ideal.

### 15 Nivel 6: El estudiante busca experimentalmente la 16 relación entre dos variables.

17 - Propone un experimento controlado que relaciona dos  
18 variables para averiguar la correlación entre ellas. “T=cte.  
19 (isotérmico) vería cómo es la relación de p y V.” (2-5) donde  
20 el estudiante muestra no sólo manejar las variables sino  
21 también conocimiento científico previo sobre el tema.

22 - Averigua una relación entre dos variables, controlando las  
23 restantes, e identificando en forma correcta la variable  
24 independiente y la dependiente. “...podría ver si se produce  
25 variación del volumen manteniendo la temperatura y  
26 variando el peso de la placa” (2-1). En otro caso se hace  
27 alusión directa a las magnitudes que mediría como (3-7) que  
28 expresa: “Estudiaría el cambio en h y por lo tanto en  
29 volumen con la variación de M (por lo tanto, presión)”.

30 - Investiga una relación entre dos variables sin especificar  
31 otras condiciones (no indica qué magnitudes deben  
32 mantenerse constantes). No hay elementos en la respuesta  
33 que nos puedan mostrar un manejo inadecuado de las  
34 variables. Por ejemplo, (1-9) indica “... sería ver cuánto  
35 varía el volumen cuanto más aumenta la presión.” En otros  
36 casos, las respuestas son más detalladas pero no completan  
37 los pasos procedimentales a tener en cuenta para realizar el  
38 experimento, como: “Abrir la válvula de alimentación de gas  
39 para que ingrese al recinto. Observar si se expande el pistón,  
40 previo haber ingresado calor por la parte de abajo. Medir  
41 diferentes temperaturas. Medir el  $\Delta h$  de expansión o  
42 compresión” (2-7). Mide la dependencia del volumen con la  
43 temperatura sin indicar qué hace con la presión y si cierra  
44 antes la válvula de alimentación. También proponen  
45 experimentos que no se relacionan con la ecuación de estado  
46 sino con otros experimentos posibles de realizar con el  
47 aparato como “Influencia de la presión en el punto de  
48 ebullición” (2-8).

49 En las respuestas de esta categoría aparecen algunas  
50 consideraciones sobre la presión interna del gas que se  
51 distingue de la presión externa ejercida por el émbolo cuyo  
52 peso se indica en la imagen, cuestión que en las categorías  
53 restantes sustenta numerosas dificultades. Así el alumno (3-  
54 4) expresa: “Podríamos aumentar la temperatura esperando  
55 un incremento en la presión interna y por lo tanto un  
56 aumento de volumen.”

### Utilidad de las imágenes en la anticipación de situaciones experimentales

57 Cabe destacar un grupo de respuestas de un alumno que  
58 muestran un manejo de variables sustentado en  
59 conocimientos teóricos sobre el tema que trascienden las  
60 posibilidades del aparato y la necesidad de manejar las  
61 variables de a pares. En este caso se propone dejar constante  
62 el volumen de gas y realizar variaciones alternadas de  
63 cantidad de gas, temperatura y/o presión para obtenerlo.  
64 Algunos ejemplos son: “Si disminuyo la temperatura, para  
65 mantener constante el volumen incorporo más gas” y “Si  
66 aumento la presión, para mantener constante el volumen  
67 aumento la temperatura” (3-14).

68 A continuación incluimos algunos ejemplos de **dificultades**  
69 **conceptuales** que en general podemos destacar en las  
70 respuestas de algunos estudiantes:

71 - utilizan indistintamente los términos medir y calcular. Por  
72 ejemplo consideran que miden el volumen ocupado por el  
73 gas (1-2), cuando en realidad puede calcularse a partir de  
74 datos obtenidos a partir de mediciones. También, para el  
75 caso de la temperatura, usan el vocablo “tomar” para  
76 indicar que se mide la temperatura, tal como suele  
77 utilizarse en el lenguaje cotidiano (1-5).

78 - Utilizan verbos que muestran falta de distinción entre las  
79 propiedades de las magnitudes que caracterizan el estado  
80 del sistema. Por ejemplo: “la temperatura que ejerce el  
81 gas” (1-5).

82 - Expresan ideas sustentadas en concepciones alternativas  
83 respecto de la materia. Por ejemplo, (2-2) afirma que  
84 mediría “La variación de moles al comprimir un gas.” Esta  
85 idea se sustenta en considerar que la cantidad de materia  
86 depende del volumen. Otra idea errónea se relaciona con el  
87 concepto de densidad en la respuesta en que el alumno  
88 expresa “Aumentando la presión podría verificar la  
89 relación entre densidad y volumen  $\delta=m/V=cte.$ ” (2-9).  
90 Aumentando la presión cambiará el volumen y no la masa  
91 del sistema. En este caso varía la densidad y no se  
92 mantendrá constante como propone el estudiante que  
93 quiere verificar.

## 97 VI. CONCLUSIONES

98 A partir de la observación y análisis que realizaron  
99 estudiantes universitarios de un dibujo figurativo con signos,  
100 hemos podido observar:

### 102 a) en relación con el manejo de variables y el diseño de 103 experimentos por anticipación:

104 - hay graves dificultades para el manejo adecuado de las  
105 variables. Muy pocos han logrado realizar operaciones  
106 características del pensamiento formal.

107 - la mayoría de los diseños experimentales formulados  
108 por los estudiantes presentan dificultades para investigar  
109 las relaciones entre las magnitudes físicas intervinientes  
110 en posibles experimentos a realizar con el dispositivo  
111 presentado en la imagen. Sin embargo, se inclinan a  
112 proponer mediciones sencillas o formular en muchos

1 casos, en forma incorrecta o incompleta, relaciones  
2 causales entre dos magnitudes.  
3 - el nivel que caracteriza a los experimentos  
4 predominantes en cada muestra depende de la formación  
5 académica de los estudiantes. No hay una noción  
6 unánime entre los alumnos de las carreras de Ciencias  
7 sobre qué se entiende por un experimento científico. No  
8 es lo mismo lo que entienden en su mayoría por  
9 experimento los estudiantes de menor formación que en  
10 las otras muestras.  
11 **b) en relación con el nivel de pensamiento:** los  
12 estudiantes de las muestras, que podríamos ubicar entre  
13 las franjas etarias jóvenes-adultos, no muestran en su  
14 mayoría un desempeño ajustado a los parámetros  
15 tradicionales del pensamiento formal en tareas  
16 relacionadas con el manejo de variables y el diseño de  
17 actividades experimentales. Los estudios actuales  
18 afirman que el rendimiento en este estadio (formal) está  
19 vinculado al contenido, la complejidad de la tarea y las  
20 características de los sujetos y sus habilidades de  
21 pensamiento. En este sentido, nuestro estudio muestra  
22 que las dificultades podrían asociarse al contenido, ya  
23 que se aborda una situación no visible a simple vista,  
24 como las moléculas de un gas y que pretende ser  
25 interpretada desde un modelo. Por otra parte, la tarea  
26 propuesta que comprende la interpretación de un dibujo  
27 figurativo y la anticipación en el diseño de experimentos  
28 es de una complejidad considerable. Los resultados  
29 obtenidos respecto a la variedad de respuestas, las  
30 contradicciones y los saltos cualitativos, nos llevan a  
31 pensar que el uso de las imágenes colabora en mostrar  
32 cómo el rendimiento de los estudiantes no es universal y  
33 que los conocimientos previos inciden fuertemente en  
34 sus respuestas.  
35 **c) en relación con las ideas previas respecto a la**  
36 **experimentación y a los fenómenos físicos**  
37 **relacionados con el contenido al que alude el dibujo**  
38 **figurativo:** en este análisis aparecen diferencias entre  
39 los estudiantes ya que algunos no tienen en claro qué  
40 observar porque no entienden el aparato, no saben para  
41 qué se puede usar, etc. pero otros sí saben qué observar  
42 y a partir de esto realizan predicciones (que a veces  
43 hacen explícitas en los experimentos que proponen).  
44 **d) en relación con la manipulación de la situación**  
45 **experimental:** detectamos dificultades en algunos  
46 estudiantes que parecen capaces de predecir qué quieren  
47 ver, pero no adaptan sus diseños al dispositivo que les  
48 presentamos, entonces su propuesta experimental no  
49 puede ser considerada válida.  
50 **e) en relación con la variedad de respuestas:** mediante el  
51 análisis cualitativo de las respuestas notamos la cantidad  
52 y diversidad de experimentos que pueden ofrecer los  
53 estudiantes ante la imagen y la posibilidad de su  
54 utilización como instrumento de indagación de sus  
55 conocimientos previos.  
56 Estos resultados podrían justificar el escaso conocimiento de  
57 los conceptos y los procedimientos relacionados con

58 situaciones experimentales que se observa cotidianamente en  
59 las aulas universitarias, en las que muchas veces los docentes  
60 damos por conocidos los contenidos y adquiridas las  
61 habilidades involucradas en esta tarea.  
62

## 63 VII. REFLEXIONES FINALES

64 Las actividades propuestas a los estudiantes en esta  
65 experiencia nos han permitido identificar habilidades y  
66 dificultades en relación con el razonamiento científico a  
67 partir de la observación de una imagen propuesta en la  
68 bibliografía como evidencia experimental. Al mismo tiempo,  
69 ha servido para prever qué tipo de propuestas de esta índole  
70 podrían permitir al docente promover el desarrollo de formas  
71 científicas de llegar al conocimiento, ejercitar la  
72 identificación de los efectos de las variables en una situación  
73 física, promover la generación de inferencias y favorecer la  
74 expresión de formas de recoger datos para acceder al  
75 conocimiento.  
76 De este modo, concluimos afirmando que la imagen usada  
77 como evidencia experimental en el libro de texto no genera  
78 por sí sola en los estudiantes las interpretaciones que se  
79 buscan por simple persuasión. Es necesario que el docente  
80 intervenga explícitamente proponiendo tareas de  
81 reconocimiento, razonamiento y reflexión a partir de ellas.  
82  
83  
84  
85  
86

## 87 REFERENCIAS

- 88  
89 [1] Hodson, D., *Hacia un enfoque más crítico del trabajo de*  
90 *laboratorio*, Enseñanza de las Ciencias **12**, 299-313 (1994).  
91 [2] Izquierdo, M.; Sanmartí, N. y Espinet, M.,  
92 *Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de*  
93 *ciencias experimentales*, Enseñanza de las Ciencias **17**, 45-  
94 59 (1999).  
95 [3] Borges, A. T., *Novos rumos para o laboratório escolar*  
96 *de ciências*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **19**, 291-  
97 313 (2002).  
98 [4] Fernandes, M. M. y Silva, M. H. S., *O trabalho*  
99 *experimental de investigação: das expectativas dos alunos*  
100 *às potencialidades no desenvolvimento de competências*,  
101 *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* **4**,  
102 45-58 (2004).  
103 [5] Campanario, J. M., *La Enseñanza de las Ciencias en*  
104 *Preguntas y Respuestas*, (Universidad de Alcalá, España,  
105 2002).  
106 [6] Piaget, J., *Biología y conocimiento*, (Siglo XXI, México,  
107 1969).  
108 [7] Carretero, M., *Constructivismo y Educación*, (Editorial  
109 Paidós, Buenos Aires, 2009).  
110 [8] Pozo, J. I. y Carretero, M., *Del pensamiento formal a las*  
111 *concepciones espontáneas: ¿Qué cambia en la enseñanza de*  
112 *la ciencia?*, Infancia y aprendizaje **38**, 35-52 (1987).  
113 [9] Pozo, I. y Gómez Crespo, M. A., *¿Qué es lo que hace*  
114 *difícil la comprensión de la ciencia?. Algunas explicaciones*

1 y propuestas para la enseñanza. En: Del Carmen, L. (Coord)  
2 *La Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias de la*  
3 *Naturaleza en la Educación Secundaria*, (ICE/Honsori,  
4 Barcelona, 1997).  
5 [10] Kuhn, D. y Dean Jr, D., *Is Developing Scientific*  
6 *Thinking All About Learning to Control Variables?*,  
7 *Psychological Science* **1**, 866-870 (2005).  
8 [11] Pozo Muncio, J. I., *Aprendices y maestros. La nueva*  
9 *cultura del aprendizaje*, (Alianza Editorial, Madrid, 1998).  
10 [12] Zabala, A. (Coord), *Cómo trabajar los contenidos*  
11 *procedimentales en el aula*, (Graó, España, 2000).  
12 [13] Duggan, S. y Gott, R., *The place of investigations in*  
13 *practical work in the UK National Curriculum for Science*,  
14 *International Journal Science Education* **17**, 137-147 (1995).  
15 [14] Kuhn, D., Iordanou, K., Pease, M. y Wirkala, C.,  
16 *Beyond control of variables: What needs to develop to*  
17 *achieve skilled scientific thinking?*, *Cognitive Development*  
18 **23**, 435-451 (2008).  
19 [15] Kuhn, D., *Reasoning about multiple variables: Control*  
20 *of variables is not the only challenge*, *Science Education*,  
41

*Utilidad de las imágenes en la anticipación de situaciones experimentales*  
21 DOI 10.1002/sce20214, 710-726. Published online 21 May  
22 2007 in Wiley InterScience  
23 <[http://eblog.cersp.com/UploadFiles/2007/12-](http://eblog.cersp.com/UploadFiles/2007/12-23/1223908013.pdf)  
24 [23/1223908013.pdf](http://eblog.cersp.com/UploadFiles/2007/12-23/1223908013.pdf)>. Consultado el 03 de junio de 2013.  
25 [16] Monereo, C., Castelló, M., Clariana, M., Palme, M. y  
26 Pérez, M., *Estrategias de enseñanza y aprendizaje.*  
27 *Formación del profesorado y aplicación en la escuela*,  
28 (Editorial Grao, Barcelona, 2006).  
29 [17] Jiménez Valladares, J. y Perales Palacios, F., La  
30 evidencia experimental a través de la imagen de los libros de  
31 texto de Física y Química, *REEC* **1**, 2 (2002).  
32 [18] Perales, F. y Jiménez, J., *Las ilustraciones en la*  
33 *enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de*  
34 *texto*, *Enseñanza de las Ciencias* **20**, 369-386 (2002).  
35 [19] Maturano, C., Aguilar, S. y Núñez, G., *Conversión de*  
36 *imágenes al lenguaje escrito: un desafío para el estudiante*  
37 *de Ciencias Naturales*, *Revista Eureka de Enseñanza y*  
38 *Divulgación en Ciencias* **6**, 63-78 (2009).  
39 [20] Resnick, R., Halliday, D. y Krane, K., *Física, vol. 1.*  
40 (C.E.C.S.A., México, 1999).