

El objetivo de este trabajo es conocer las capacidades descriptivas de los estudiantes de Bachillerato a través de la observación y el comportamiento de un material asequible. Para ello, 58 alumnos han desarrollado un trabajo de investigación no dirigido de descripción de botones, en el que se han diseñado un gran número de experiencias para evaluar diferentes propiedades físicas y químicas.

**PALABRAS CLAVE:** *Bachillerato; Innovación educativa; Trabajo de investigación; Descripción; Observación.*

## Para realizar una investigación basta con un botón

pp. 93-104

Antonio J. Franco Mariscal \*  
Rosario Franco Mariscal \*\*

Profesor de Educación Secundaria  
Profesora de Educación Secundaria

### Marco teórico

La formación científica e investigadora debe iniciarse desde la escuela, a través del aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes que aproximen a los escolares a la forma de pensar y de trabajar propias de la cultura científica. Es por tanto importante que en las edades escolares se potencien habilidades, destrezas y actitudes relacionadas con la metodología científica, tales como la observación, la medición, la descripción, la clasificación, la formulación de problemas, hipótesis y conclusiones, la experimentación, el análisis, la síntesis, la argumentación, etc., todas ellas dirigidas a la resolución de problemas, en el marco de pequeñas investigaciones, actividades prácticas, trabajos experimentales o actividades de laboratorio, términos que suelen emplearse a veces como sinónimos.

Hay algunas clasificaciones interesantes sobre los trabajos prácticos. Caamaño (2003),

por ejemplo, distingue entre experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos (para entender procedimientos o ilustrar la teoría) e investigaciones (para resolver problemas teóricos y prácticos). Leite y Figueiroa (2004) hablan de ejercicios, actividades para familiarizarse con los fenómenos, actividades ilustrativas, orientadas a determinar lo que ocurre, investigaciones y actividades del tipo prevé-observa-explica-reflexiona (con un procedimiento definido o con uno sin definir); todos ellos supeditados a un objetivo. Del Carmen (2000), por su parte, caracteriza las diferentes modalidades en función de un inventario de dimensiones: dimensión social, conocimientos previos, relación con la teoría, obtención de datos, complejidad de los instrumentos, análisis de datos, tiempo y aprendizaje de conceptos.

De todos estos tipos, nos centraremos en las investigaciones, una concepción del aprendizaje que ha adquirido un desarrollo

\* IES José de Ribera de Xátiva, Sección de La Poble del Duc. Plaza de la Concordia s/n. 46840 La Poble del Duc (Valencia). Correo electrónico: antoniojoaquin.franco@uca.es

\*\* Colegio Jesús María "El Cuco". C/ Marqués de Bonanza, 3. 11407 Jerez de la Frontera (Cádiz).

☒ Artículo recibido el 31 de marzo de 2006, revisado en mayo de 2006 y aceptado en septiembre de 2006.

notable en los últimos años, especialmente desde las posiciones constructivistas. García y Cañal (1995) han revisado propuestas difundidas en nuestro país que propugnan el aprendizaje como investigación y han encontrado una serie de componentes comunes en todas ellas y algunas diferencias de matiz. El lector interesado en un análisis comparativo de las diferentes propuestas puede consultar el trabajo citado. No obstante, quisiéramos hacer algunas consideraciones que nos ayuden a situarnos ante el uso de las investigaciones en Secundaria como un recurso didáctico en Física y Química con un importante potencial educativo.

a) En primer lugar, una misma investigación se puede enfocar de formas muy diferentes, lo que define situaciones de aprendizaje absolutamente distintas.

b) En segundo lugar, no se deben olvidar las diferencias existentes entre los protagonistas de estas investigaciones. Si admitimos que existe una distancia importante entre la ciencia escolar y la ciencia de los científicos (Pro, 2003), también la habrá, por extrapolación, entre el laboratorio escolar y el de una comunidad de científicos. Esto tiene grandes repercusiones en la motivación e implicación de los usuarios, en la rentabilidad cognitiva, en el papel y el significado de las evidencias, en la relación con los conocimientos y marcos teóricos, en el desarrollo de capacidades durante la tarea, etc. Pero, además, los científicos realizan las actividades de laboratorio con unas intenciones muy variadas (obtener unos resultados, verificar unas hipótesis, rebatir un supuesto, comprobar un procedimiento, etc.); y nuestros alumnos, con la finalidad de aprender unos conocimientos que puedan ser transferidos a nuevas situaciones, generar nuevos aprendizajes, formarse como ciudadanos...

c) Por otro lado, sería deseable que el alumnado hiciera ciencias y aprendiera a hacer ciencias en las clases de ciencias (Seré, 2002); pero una ciencia adecuada a unos objetivos educativos, coherente con sus necesidades y características. Al igual que ocurre con los contenidos conceptuales, los procedimientos

también tienen diferente grado de complejidad (Pro, 1997; 1998) y debemos adecuarlos a cada nivel porque su aprendizaje es gradual, escalonado, y se apoya en logros.

d) Pensamos que son muchas las razones para realizar investigaciones en Secundaria. Entre ellas destacan, motivar e interesar al alumnado, justificar el carácter experimental, aprender técnicas de trabajo, comprobar fenómenos y leyes estudiadas anteriormente, mejorar el aprendizaje de los conceptos, aprender la naturaleza de la ciencia y el trabajo de los científicos, desarrollar la creatividad o favorecer determinadas actitudes.

e) En un trabajo reciente, Jiménez (2003) defendía la necesidad de los conocimientos científicos en la enseñanza de las ciencias, por dos motivos: porque forman parte de la cultura y porque son una forma de cultura. Como cultura destaca, entre sus dimensiones, la capacidad para identificar e interpretar hechos y fenómenos; para comprender ideas, mensajes, textos, documentos, imágenes... y ser capaz de producirlos; para valorar enunciados o conclusiones en función de las justificaciones en que se apoyan; para experimentar y probar ideas, etc. Ahora bien, como forma de cultura, exige un contexto de aprendizaje adecuado, en el que el alumnado no sólo sea receptor de información de carácter científico, sino que sienta que está haciendo ciencias y no otra disciplina. Desde esta perspectiva, las investigaciones contribuyen tanto al desarrollo de las capacidades de cada una de las dimensiones señaladas como a la creación de un espacio propio, donde se manifieste la forma de cultura de la que hablábamos. No se quiere decir con ello que sólo se pueda conseguir con este tipo de actividades pero, desde luego, con ellas es posible hacerlo. Eso sí, para lograrlo no vale cualquier investigación, sino aquella que tenga un enfoque adecuado y coherente con los planteamientos indicados.

f) Por último, la realización de investigaciones capacita al alumnado para que integre tres tipos de conocimientos (Duschl y Gitomer, 1991; Hodson, 1994): destrezas cognitivas y de razonamiento, conocimiento episte-

mológico-científico, y destrezas sociales y de comunicación.

En definitiva, por las razones expuestas, creemos que la realización de pequeñas investigaciones en el aula es una herramienta fundamental para adquirir la formación científica de la que hablábamos. Este artículo presenta los resultados obtenidos por el alumnado de Bachillerato en una investigación desarrollada de manera individual y poco dirigida, una forma de trabajo poco extendida, pero que puede proporcionar resultados muy interesantes. El objetivo de este trabajo es analizar y exponer la capacidad del alumnado para la descripción, como proceso científico; es decir, como una técnica comúnmente empleada en los trabajos científicos. Recordemos que aunque la descripción científica requiere una observación detallada, es obvio que observar no es “mirar” sino percibir y explicar. Es necesario, por ello, que al observar fenómenos los alumnos no confundan las observaciones con interpretaciones y aprendan a interactuar con esos fenómenos, efectuando manipulaciones simples que permitan realizar observaciones cuantitativas. En este artículo se expone el desarrollo de una experiencia de aula sobre cómo alumnos de Bachillerato llevan a cabo de forma satisfactoria y original una investigación no dirigida.

### Muestra y metodología

Este estudio se realizó durante el primer trimestre del curso 2004-2005 con 58 alumnos de Bachillerato de Ciencias de la Salud en el Colegio Jesús María “El Cuco” de Jerez de la Frontera (Cádiz), de los cuales 31 alumnos pertenecían a la asignatura de Física y Química de 1º de Bachillerato y 27 a la asignatura de Química de 2º de Bachillerato.

Para conocer las capacidades de los estudiantes al describir elementos se les propuso una actividad muy sencilla y fácil de plantear, realizar la descripción de una colección de botones, objetos cotidianos asequibles, de fácil manejo, que permiten la manipulación y el di-

seño de pequeñas experiencias de laboratorio y de los que existe una gran variedad.

Para la realización de la tarea el alumnado recibió las siguientes instrucciones:

Realiza de forma individual la siguiente tarea:

- Busca o compra 10 botones que sean muy diferentes entre sí.
- En una cartulina construye una tabla con varias columnas.
- En su momento, pega o cose los 10 botones en la primera columna, colocados uno debajo del otro.
- Describe las características de cada botón con el mayor detalle posible, indicando cada propiedad del mismo en una columna. Realiza tantas columnas como sea necesario.
- Si quieres cuantificar una propiedad concreta, diseña una experiencia sencilla de laboratorio. Antes de llevarla a la práctica, indica al profesor su diseño y el material que necesitas.

La tarea se realizó en casa, en el plazo de una semana. De esta forma se pudo comprobar la creatividad y originalidad del alumnado y evitar, el menos en parte, la imitación de procedimientos que podría ensayar otro compañero si la tarea se hubiera realizado de forma grupal en el laboratorio.

Los alumnos que quisieron cuantificar alguna propiedad del botón tuvieron autonomía para diseñar cualquier tipo de experiencia, pero para evitar que algunas experiencias se desarrollaran con peligrosidad, los estudiantes mantuvieron una “entrevista” con el profesor antes de su realización. En dicha “entrevista” le explicaron los objetivos de la experiencia, su diseño experimental y el material necesario para llevarla a cabo. En la mayoría de los casos, el profesor dio el visto bueno a los experimentos y orientó al alumno tan sólo sobre las dificultades que podía encontrar. Se aceptaron los diseños experimentales fáciles de realizar, con material asequible

y cuya puesta en práctica no suponía ningún riesgo. Las experiencias se podían realizar, a elección del alumno, en casa o en el laboratorio escolar, cuya aula y material se pusieron a su disposición. No obstante, la gran mayoría de los experimentos se desarrollaron en casa. Esta metodología de trabajo explica la existencia de algunas diferencias notables en el uso de procedimientos.

Esta forma de trabajo puede ser válida para el logro de aprendizajes significativos, de acuerdo con autores como Novak (1991) y Lopes y Costa (1996), que ponen de manifiesto que éste puede conseguirse mediante el abordaje de problemas bien seleccionados y abordados en secuencias adecuadamente estructuradas.

### Resultados de las tareas de descripción de botones

En primer lugar analizaremos algunos aspectos relacionados con la búsqueda por los alumnos de las propiedades necesarias para describir el objeto. Posteriormente analizaremos los aspectos positivos y las dificultades asociadas a cada una de las propiedades, así como los diseños experimentales propuestos. Para citar la tarea de algún estudiante concreto se utilizará una nomenclatura basada en una letra, P ó S para alumnos de 1º y 2º de Bachillerato respectivamente, seguida de un número, asignado previamente a su tarea. Como ejemplo de la investigación se presenta en el anexo I la correspondiente al alumno P21.

#### La búsqueda de propiedades

Se ha analizado la capacidad del estudiante para encontrar características en un elemento. La Figura 1 representa el porcentaje de alumnos que utilizan un cierto número de propiedades para la descripción de un botón.

Como muestra la figura 1, la mayoría de los bachilleres no presenta dificultad para describir un elemento al menos con 10 propiedades, suficientes para obtener descripciones

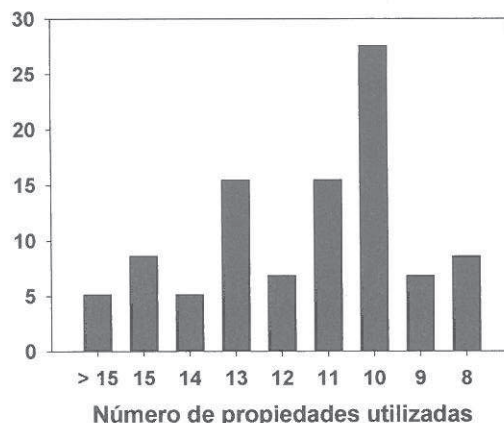


Figura 1. Número de propiedades utilizadas en la descripción del botón.

fructíferas. El 57% de los alumnos utiliza más de 10 propiedades, mientras que un 5% emplea más de 15, destacando un estudiante que usa 24 características. En total se han empleado 103 propiedades diferentes, lo que supone un gran derroche de observación y creatividad. Según su utilización, dichas características se pueden clasificar en mayoritarias y minoritarias. Consideraremos 15 propiedades mayoritarias, aquellas que han sido empleadas en los dos cursos de Bachillerato por más de 10 alumnos. Al resto de 88 características, usadas por 10 o menos estudiantes y no en los dos cursos, las denominaremos propiedades minoritarias. Las propiedades mayoritarias se recogen en la Tabla I, que además ofrece información, por cursos y total, del porcentaje de alumnos que ha utilizado cada una de ellas (ver tabla 1).

El color, el número de agujeros, el material y la forma son las propiedades más utilizadas, al tratarse de características visibles e intuitivas del botón. El color es la única propiedad empleada por todos los alumnos, quizás por ser la primera propiedad que llama la atención del botón. También es interesante conocer el carácter cualitativo o cuantitativo de las propiedades propuestas, ya que una descripción que aporte datos cuantitativos es más rica que una que se limite únicamente a resultados cualitativos. En general, se observa una preferencia por propiedades cualitativas. La Figura 2 re-

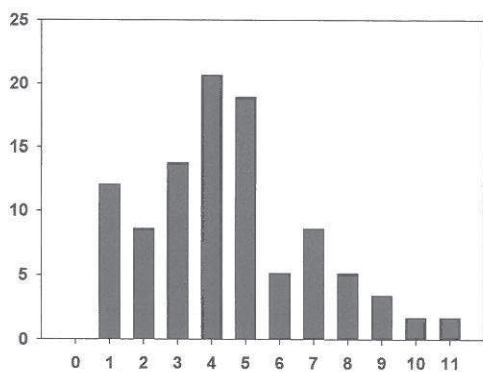
Propiedad	% 1º BTO	% 2º BTO	% TOTAL BTO
Color	100,0	100,0	100,0
Número de agujeros	93,5	88,9	91,4
Material	93,5	81,5	87,9
Forma	80,6	77,8	79,3
Tiempo de caída libre	93,5	59,2	77,6
Diámetro	51,6	63,0	56,9
Flotabilidad en agua	29,0	81,5	53,4
Tamaño	54,8	37,0	46,5
Peso	58,1	25,9	43,1
Brillo / Mate	48,4	18,5	34,5
Altura (1)	38,7	25,9	32,7
Textura (2)	32,3	18,5	25,8
Prenda en la que se usa	35,5	11,1	24,1
Dureza	22,6	18,5	20,7
Transparente / Opaco / Translúcido	9,7	33,3	20,7

También se engloban en estas propiedades los términos correctos: (1) "grosor"; (2) "rugosidad" o "liso" / "suave" o "rugoso".

Tabla 1. Propiedades mayoritarias utilizadas en la descripción del botón.

presenta el tanto por ciento de estudiantes que emplea un número determinado de propiedades cuantitativas.

La Figura 2 muestra que todos los estudiantes emplean al menos una propiedad cuantitativa, siendo el número máximo de características utilizadas, 11. La forma de campana con un máximo en cuatro propiedades in-



Propiedades cuantitativas utilizadas por los alumnos

Figura 2. Porcentaje alumnos de Bachillerato que emplea propiedades cuantitativas.

dica que es muy probable encontrar descripciones con una media de cuatro propiedades cuantitativas. Para la realización de esta gráfica se han contabilizado como propiedades cuantitativas las que aportan una cifra, omitiendo aquellas que teniendo carácter cuantitativo, se han descrito como cualitativas. Teniendo esto en cuenta, y suponiendo que el alumno utiliza 10 propiedades, se concluye que el 44,8% (los que utilizan 5 o más propiedades cuantitativas), son capaces de realizar una descripción cuantitativa con precisión.

### ***Dificultades y aspectos positivos en las propiedades mayoritarias***

A continuación se comentan los aspectos positivos y las dificultades halladas en las propiedades más utilizadas, siguiendo un orden de mayor a menor uso.

– *Color*: En la descripción del color, destaca la matización de tonalidades de un mismo color (verde pistacho) aportada por un 34,5%

del alumnado, la utilización de dos colores (29,3%) y la descripción detallada de los colores de las distintas partes del botón (15,3%).

– *Número de agujeros*: Esta propiedad se describe con los términos “4”, “2” o “sin agujeros”, aunque un 24,1% encuentra la dificultad de considerar o no agujero la anilla trasera de algunos botones. Se encuentran también descripciones más precisas, que indican la posición de los agujeros.

– *Material*: La Tabla 2 recoge los términos más utilizados para describir el material de los botones, así como el porcentaje del alumnado que lo emplea.

Además de los materiales recogidos en la Tabla 2, se han utilizado de forma minoritaria los nombres de algunos metales o aleaciones. El plástico es el material más citado, al ser sus diferentes tipos los más empleados en la industria botonera. Salvo excepciones, no se ha mati-

zando el tipo de material. Se observa cierta dificultad para describir otro tipo de materiales, como aluminio o latón, a los que denominan con el nombre de algún metal, o genéricamente “metal”. Se considera positiva la descripción de dos materiales en un mismo botón.

– *Forma*: La tabla 3 resume los términos utilizados en la descripción de la forma de los botones.

Además de las formas recogidas en la Tabla 3, se han empleado minoritariamente los términos “plano”, “cilindro”, “media esfera”, “alargado”, “pentagonal”, “esférica”, “irregular” o “abombado”. La principal dificultad ha sido no considerar el botón como objeto tridimensional, olvidando así su forma cilíndrica al despreciar la altura y tener una visión desde un plano. Por esta razón, los términos “redondo” y “circular” son los más empleados. El término “cilindro” sólo se usa para botones cuya altura

[ 58 ]

Descripción del material	% 1º BTO	% 2º BTO	% BTO
Plástico	90,3	70,4	81,0
Tela / Lana / Piel	64,5	40,7	53,4
Metal	54,8	44,4	50,0
Nácar	32,3	25,9	29,3
Dos materiales a la vez	29,0	18,5	24,1
Madera	22,6	22,2	22,4
Pasta	16,1	7,4	12,0
Cuero	16,1	3,7	10,3

Tabla 2. Términos más empleados para describir el material del botón.

Descripción de la forma	% 1º BTO	% 2º BTO	% BTO
Redonda	48,4	48,2	48,3
Forma de objeto (flor, lazo, etc.)	16,1	37,0	25,9
Circular	25,8	22,2	24,1
Cuadrada	16,1	25,9	20,7
Ovalada	3,2	11,1	6,9
Octogonal	6,5	7,4	6,9
Redonda más otra característica	3,2	7,4	5,2

Tabla 3. Términos empleados para describir la forma del botón.

es mucho mayor que su base, que corresponde con la imagen tridimensional que el alumno tiene de un cilindro. Esto resalta la idea previa de que el volumen sólo depende de la altura del objeto, que concuerda con la descripción de botones “alargados” y no como “redondos”. También presentan dificultad los botones “semiesféricos”. Las descripciones se enriquecen añadiendo una segunda característica (“plano”, “irregular”, etc.) a la forma “redonda” o “circular”. Varios estudiantes utilizan la forma “cuadrada” como aproximación para botones de base cuadrada con pequeños cortes en los vértices, mientras que otros describen más acertadamente como “octogonal”.

**Tiempo de caída libre:** La quinta característica más citada, el tiempo de caída libre, completa la descripción al permitir diseñar pequeñas experiencias de laboratorio. Su uso mayoritario, especialmente en 1º de Bachillerato, donde más de un 93% la utiliza, no se debe a una imitación de procedimientos, sino a que esta investigación se realizó durante el primer trimestre del curso en el desarrollo del temario de cinemática.

Una manera sencilla de obtener resultados para esta característica es resolviendo matemáticamente el problema físico, suponiendo despreciables la masa del botón y el rozamiento con el aire. Aunque los alumnos conocen las ecuaciones de este movimiento, sólo algunos las utilizan, mientras que el resto obtiene el tiempo de caída a través de la medición con un cronómetro. En estos casos, al haber realizado el experimento en condiciones reales, no existe un único dato de tiempo, sino un intervalo de resultados, que depende del tamaño del botón y de la resistencia que ofrezca al aire. Las orientaciones del profesorado en el diseño de esta experiencia se encaminaron a resolver las dos principales dificultades detectadas en el cálculo del tiempo de caída libre. Por un lado, la elección de alturas inferiores a 1 m., que induce un mayor error sistemático en el uso del cronómetro, y, por otro, trabajar con unidades de tiempo muy pequeñas (centésimas o milésimas de segundo), poco habituales entre el alumnado.

Destaca como aspecto positivo el análisis de las variables cinemáticas “velocidad final”, “velocidad media” y “aceleración de caída libre”. Para esta última, se han obtenido valores muy próximos al de la gravedad. También resulta positiva la extensión del estudio de caída al caso de caída a fluidos, donde se ha calculado el “tiempo de hundimiento” del botón en un vaso de precipitado con agua, encontrando problemas según la flotabilidad del botón. Por último, destaca el estudio de la “altura máxima tras caer y rebotar en el suelo” y el análisis como agudo o grave del “sonido producido al caer”.

– **Diámetro y altura:** Los términos “diámetro”, “altura” o “grosor” se han empleado correctamente por el 41,3%, 3,4% y 20,7% de los estudiantes, respectivamente. Además un 24,1% está también dando valores correctos de diámetro al denominar a esta propiedad “tamaño”.

– **Flotabilidad en agua:** Las orientaciones en el diseño de esta experiencia se centraron en el equilibrio de las fuerzas en fluidos que producen que el botón flote o se sumerja. El diseño experimental ha consistido en introducir el botón en posición horizontal en un vaso de precipitado con agua del grifo y observar si durante un minuto flota o se hunde. La mayoría de los estudiantes han descrito esta propiedad de forma cualitativa, limitándose a las respuestas “Sí / No” o bien “Flota / Se hunde”. Es muy positivo el estudio de la estabilidad del botón en otro medio, tal como agua y dos cucharadas de aceite.

– **Tamaño y volumen:** El término “volumen” ha sido utilizado por el 10,3% del alumnado, lo que convierte a esta característica en minoritaria. Sin embargo, este concepto está presente en un 46,5% de los bachilleres, que lo describen a través de otras propiedades como “tamaño”, “diámetro” y “altura”. El “tamaño” se describe de forma cualitativa, con los términos “pequeño”, “mediano” y “grande”, a los que algunos añaden “muy pequeño” o “muy grande”.

– **Peso y masa:** La “masa”, al igual que ocurre con el “volumen”, se presenta como propiedad minoritaria porque se utiliza incorrectamente. Aunque el 43,1% de los alumnos intuye

este concepto denominándolo “peso”, sólo un 10,3% lo utiliza correctamente. Esto está de acuerdo con la bibliografía que analiza las ideas previas erróneas acerca del concepto de masa (Bullejos, 1990; Prieto, 1996), destacando la confusión entre masa y peso, un error muy arraigado en todos los niveles.

– Dureza: Para describir esta propiedad los alumnos han establecido la siguiente escala: “muy duro”, “duro”, “semiduro”, “blando”, “débil”, “frágil”, “muy frágil”. Esta propiedad se analiza en función del resultado obtenido tras pisar, martillar o rayar el botón.

El resto de propiedades mayoritarias no citadas se han descrito correctamente.

### ***Dificultades, aspectos positivos y diseños experimentales en las propiedades minoritarias***

Las propiedades minoritarias, que aparecen entre comillas, se pueden agrupar en tres grandes bloques: propiedades que matizan las características mayoritarias, propiedades físicas y propiedades químicas.

a) Propiedades que matizan las características mayoritarias:

Este bloque engloba al mayor número de propiedades minoritarias, ya que éstas guardan relación con características cualitativas del botón deducidas de una observación más detallada de las principales propiedades usadas. Así, se repiten aspectos relacionados con el color, como “bicolor / número de colores”, “homogeneidad en el color” o “color del borde interior o exterior”; o relacionados con los agujeros, como su “posición” (“central”, “detrás”, “lado”) o si son o no visibles. Aparecen también propiedades relacionadas con la forma, como la presencia o no de “borde”, la “forma del interior del botón” (“plana”, “irregular” o “abombada”), la “forma del borde interior o exterior” o el “tipo de superficie” (“cóncava”, “convexa” o “plana”). En relación con las dimensiones, algunos alumnos aportan el “radio”, el “perímetro”, el “área”, el “volumen” o la “relación de tamaño” de los botones. En lo referente al material, se indica su “homogenei-

dad o heterogeneidad”, si está “hueco o macizo”, si es “natural o artificial”, “permeable” o “poroso”, y surgen muchas propiedades físicas, que se comentarán posteriormente. También se matizan características como el “diseño”, el “tipo de cosido”, el “sabor” (“insípido, agrio, amargo, metálico”) o el “precio” del botón.

b) Propiedades físicas: Las propiedades minoritarias de naturaleza física pueden clasificarse en tres grupos: propiedades generales o específicas, propiedades cinemáticas y propiedades de los materiales. Así:

– Propiedades generales o específicas: Se han descrito de forma minoritaria la “masa”, el “volumen” (ya comentados) y la “densidad”. Esta última característica, que da información específica del material, es una propiedad fácil de calcular, conocidas la masa y el volumen. Su utilización minoritaria (6,8%) se explica por el escaso número de alumnos que aporta simultáneamente la masa y el volumen.

– Propiedades cinemáticas: Se han diseñado experiencias que cubren la totalidad de los movimientos. Estos diseños son mayoritarios en 1º de Bachillerato porque la investigación se realizó en un momento del curso en el que el estudiante sólo poseía conocimientos cinemáticos. Además, el profesorado orientó en este curso como posibles experiencias la verificación de los diferentes movimientos estudiados. Estos diseños no abundan en el segundo curso, al tratarse de alumnos de la asignatura de Química.

Los movimientos rectilíneos, especialmente las carreras de botones, se han analizado cualitativa y cuantitativamente. Entre las orientaciones facilitadas por el profesor destaca la reproducibilidad de los experimentos. Resultan positivas dos propuestas con resultados reproducibles. La primera experiencia consiste en estudiar en una carrera el orden de llegada o el tiempo que tardan en rodar o deslizarse los botones, sin impulso inicial, por la pendiente de un plano inclinado. La segunda experiencia propone estudiar el movimiento de los botones sometidos a una velocidad constante originada por algún aparato doméstico como un secador de pelo o un aparato para el asma. También se han estudiado las características de los tiros ho-



rizontal y parabólico, orientando al alumno en la dificultad de la reproducibilidad de la velocidad inicial de todos los botones. Destaca como aspecto positivo el intento de evaluar la oposición o rozamiento que ofrecen diferentes superficies al movimiento (el suelo, un cristal, una mesa, etc.).

El movimiento de rotación también se describe de diferentes formas. Algunos lo hacen de forma cualitativa, respondiendo “Sí / No” a la propiedad “¿Rueda?”, analizando la “capacidad de rotación”, o estudiando la “facilidad de rodamiento”. Otros realizan medidas cuantitativas y calculan el tiempo que el botón permanece dando vueltas tras aplicarle un impulso inicial (“tiempo de rotación”) o el “número de vueltas en un segundo”. La dificultad para que los resultados sean reproducibles se encuentra en conseguir una misma velocidad de giro para todos los casos, la cual se consiguió a veces estudiando la velocidad de giro del botón cuando se encuentra suspendido de un hilo.

– Propiedades de los materiales: En las descripciones se han utilizado muchas propiedades relacionadas con la naturaleza del material del que está hecho el botón. Así, se han diseñado experiencias para conocer propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas, ópticas y magnéticas. El docente ha orientado al estudiante en la dificultad de evaluar cuantitativamente de forma casera estas propiedades.

Entre las propiedades mecánicas destaca la “flexibilidad o elasticidad”, “fragilidad”, “maleabilidad”, o “resistencia para soportar grandes esfuerzos”, evaluadas mayoritariamente como “Sí / No”. Destaca el estudio del ángulo por el que se rompe el botón (“tensión de rotura”). El experimento consiste en doblar con las manos el botón hasta que se rompa. Las principales propiedades térmicas y eléctricas estudiadas han sido la “conductividad térmica y eléctrica”, ambas evaluadas cualitativamente (“Sí / No”). Únicamente para la “conductividad térmica” se proponen las opciones “conductor / aislante”, respuestas que indican que la mayoría del alumnado sólo asocia estos dos caracteres al calor, y no a la electricidad. Se considera positivamente la búsqueda de información

acerca de las propiedades “coeficiente de dilatación”, “calor específico” o “temperatura de fusión” de los materiales. La “reflexión de la luz” es la única propiedad óptica aportada, descrita también de una forma simple y cualitativa (“Sí / No”). Varios bachilleres intentan describir algunas propiedades magnéticas de los materiales: la “aceleración ante un campo magnético” y la “imantación”, analizadas como “Sí / No”, y realizadas con el mismo experimento, consistente en acercar un pequeño imán al botón y observar su atracción o no.

c) Propiedades químicas: Las descripciones se enriquecen con la aportación de datos de naturaleza química obtenidos del estudio de diferentes reacciones químicas, experimentos que abundan en 2º de Bachillerato por dos razones. La primera de ellas es que el docente estaba impartiendo Física a los alumnos del primer curso que han realizado esta investigación, por lo que sus conocimientos químicos se encuentran “olvidados” y se remontan a los adquiridos en 4º de ESO. El segundo motivo es que los estudiantes de 2º de Bachillerato pertenecían a la asignatura de Química y en el momento de la tarea estudiaban las reacciones químicas. La principal orientación del profesorado ha sido la realización de las experiencias con un segundo botón análogo al presentado en la tarea, debido a que tras llevar a cabo estos experimentos la muestra podía no ser recuperable.

La primera contribución química ha consistido en conocer la composición del botón y aportar su “fórmula química”. Se considera positiva la aportación de la fórmula del eteno para los botones de plástico, ya que ésta es la materia prima para elaborar el polietileno, uno de los plásticos más comunes. Entre los estudios químicos realizados destaca la reacción de combustión, puesta en práctica por un 15,5 % de los alumnos, que ha permitido describir la resistencia al calor de los botones (“tiempo en arder”, “inflamable / combustible (Sí / No)”), así como las propiedades de los productos de reacción gaseosos y sólidos. Esta reacción se ha completado con el análisis del “color del humo tras quemar” el botón. El profesor orientó que esta reacción se realizara con seguridad en un lugar abierto.

También se han diseñado distintos experimentos para estudiar los efectos que ciertas sustancias cotidianas con diferentes propiedades ácido-base (“agua”, “lejía”, “amoníaco”, “acetona” y “agua fuerte”) producen en los materiales. Las experiencias han consistido en sumergir el botón durante cinco minutos en estas sustancias. Se ha estudiado también la “presencia o no de óxido” en un botón sumergido en agua durante ocho horas. En todos los casos, las características descritas como consecuencia de la reacción química producida es la pérdida de color o de brillo de los botones y la descomposición de los mismos. También se ha analizado la “absorción de colonia al rociar los botones con un perfume”. Por último, se ha estudiado el efecto de la electricidad en el material aplicando a cada botón una diferencia de potencial de 15 voltios (“reacción ante 15 V”) producida por la batería de un coche, estudiándose el tiempo que tarda el botón en arder y el grado de disipación de calor.

## Conclusiones

El presente informe de investigación ha permitido conocer las capacidades descriptivas del alumnado de Bachillerato a través de la observación y el comportamiento de un material asequible, los botones. Creemos que este trabajo puede ayudar a debilitar la idea de que los alumnos tienen una escasa capacidad investigadora.

Por otro lado, ha resultado muy positivo que el propio alumnado se cuestione cómo puede resolver un pequeño problema para calcular la variable que desea describir. Esto ha permitido que el estudiante trabaje el planteamiento del problema, la emisión de hipótesis, el diseño de una experiencia, la realización de las mediciones y la interpretación de los resultados. El proceso descrito, en el que los alumnos han sido los principales protagonistas, ha proporcionado experiencias personales que facilitarán la posterior elaboración por éstos de nuevos conceptos físicos o químicos relacionados en alguna medida con el estudio realizado.

Así, cuando se trabajen en clase las fuerzas en fluidos y el principio de Arquímedes, se podrá hacer referencia a las experiencias de flotabilidad o hundimiento del botón realizadas en agua y en aceite, analizando al estudiante cuestiones como ¿qué fuerzas actúan sobre el botón para que flote, o se hunda? o ¿puede flotar en otro líquido un botón que se hunde en agua?

La tarea desarrollada tiene también implicaciones en la enseñanza-aprendizaje de los principales movimientos de traslación y rotación: rectilíneo uniforme, uniformemente acelerado, caída libre, circular y composición de movimientos. Sobre todo si el docente promueve que las experiencias que realicen los alumnos, y especialmente las relativas a los diferentes movimientos, se diseñen incluyendo procedimientos que permitan obtener resultados reproducibles, que puedan ser comparables. Es el caso, por ejemplo, de la utilización de planos inclinados, que permiten proporcionar a los botones una velocidad constante y, por tanto, aumentar la reproducibilidad de las experiencias y el contraste de resultados. O considerar el efecto del rozamiento producido por las superficies de deslizamiento. Para todos los movimientos, y especialmente para el de caída libre, es interesante que los estudiantes reflexionen acerca de los factores que han influido en la obtención de valores de tiempo diferentes para cada botón, en contraste con el valor único que se obtiene tras la aplicación de la ecuación matemática del movimiento. Se podrá también trabajar sobre cómo obtener el valor de la gravedad de una manera más exacta.

Por otro lado, es interesante resaltar la importancia de las propiedades que hacen diferentes a los materiales. Los estudiantes se han dado cuenta de esta importancia, como muestra el gran número de experiencias que analizan las propiedades del material. Sin embargo, han encontrado dificultad para estudiarlas desde un punto de vista cuantitativo. El docente puede aportar nuevos conceptos y ensayos sencillos de resistencia de materiales, que permitan conocer datos de elasticidad, fragilidad o tensión de rotura. Resulta también interesante aplicar las principales propiedades y le-

yes de la electricidad, así como conocer el carácter conductor o aislante del material, una propiedad que se puede determinar incorporando cada botón a un pequeño circuito eléctrico. Asimismo, se puede investigar si alguno de los materiales puede desempeñar el papel de cátodo o de ánodo en una celda electroquímica. La experiencia óptica de reflexión podría extenderse para conocer cuantitativamente las leyes de la reflexión, refracción y dispersión de la luz. Así, podríamos calcular el ángulo de reflexión o de refracción producido, según la naturaleza del botón. Por su parte, los botones metálicos permiten realizar pequeñas experiencias en las que se pueden ilustrar las principales leyes del electromagnetismo.

Por último, resulta positivo analizar en profundidad las características de diferentes reacciones químicas estudiadas (reactivo limitante, cantidades obtenidas, etc.), en procesos como la combustión, la reactividad ante ciertos reactivos cotidianos con carácter ácido o básico (agua, lejía, amoníaco, acetona o agua fuerte), la oxidación, la reacción de absorción de perfume y la reacción ante una diferencia

de potencial. En cuanto a la combustión, no sólo debe utilizarse para describir la resistencia al calor del material, sino también para reflexionar sobre la ley de conservación de la masa y conocer la naturaleza de los residuos y emisiones gaseosas. En este sentido, los estudiantes podrían comprobar algunas de sus hipótesis, como si el color del humo producido depende del color del botón, por ejemplo.

En resumen, hay que destacar que en la gran mayoría de los estudiantes se han encontrado descripciones muy completas como resultado de esta investigación autónoma, con apoyo procedimental del profesor. Creemos que el centenar de propiedades empleadas y el gran número de diseños experimentales realizados permiten corroborar la capacidad investigadora del alumnado de Bachillerato y, por tanto, apoyar las opciones didácticas que proponen convertir al alumnado en protagonista del proceso de enseñanza-aprendizaje, llevando a cabo pequeñas investigaciones que permitan desarrollar e interconectar conceptos, procedimientos y actitudes científicas, en todos los niveles de la enseñanza.

	COLORES	FORMA	DISEÑO	PESO	OPACIDAD	USO	CONDICIÓN	TALTO	CONTIENE - TUBO-LIMBO	CONTIENE AL GOBLI	PRELIMINAR - Dato	NO OPERA - OPERACIÓN	CONTIENE ELECTRODOS	CONTIENE CILINDRO	CONTIENE REACTIVO	OTRO
	Rojo	Cuadrado	2.5 cm	2 gr	4	Plástico	No brillo	Blanco	SI	Azul	SI	Resistente	No	No	Resistente	SI
	Blanco	Cuadrado	3 cm	3 gr	Maya	Algo	Fino	Azul	SI	Azul	No	Resistente	No	No	Opaco	No
	Verde	Cuadrado	2 cm	1 gr	4	Plástico	No brillo	Blanco	SI	Azul	SI	Resistente	No	No	Opaco	SI
	Blanco	Cuadrado	1.5 cm	1 gr	4	Plástico	No brillo	Blanco	SI	Azul	SI	Resistente	No	No	Opaco	SI
	Verde	Cuadrado	2.5 cm	2 gr	Maya	Algo	No brillo	Blanco	No	Resistente	No	No	SI	SI	Opaco	Baja resistencia
	Blanco	Cuadrado	1.5 cm	0.5 gr	4	Plástico	No brillo	Blanco	SI	Azul	SI	Resistente	No	No	Resistente	SI
	Plástico	Cuadrado	2.5 cm	2 gr	2	Algo	No brillo	Azul	SI	Azul	SI	Resistente	No	No	Opaco	Baja resistencia
	Blanco	Cuadrado	1.5 cm	0.5 gr	2	Plástico	No brillo	Blanco	SI	Azul	SI	Resistente	No	No	Opaco	SI
	Verde	Cuadrado	2.5 cm	1 gr	4	Algo	No brillo	Blanco	SI	Azul	SI	Resistente	No	No	Opaco	SI
	Verde	Cuadrado	1 cm	0.5 gr	2	Plástico	No brillo	Blanco	SI	Azul	SI	Resistente	No	No	Opaco	SI

Fotografía de botones del alumno P21.

## REFERENCIAS

- BULLEJOS, J.; SAMPEDRO, C. (1990). Diferenciación de los conceptos de masa, volumen y densidad en alumnos de BUP, mediante estrategias de cambio conceptual y metodológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), 31-36.
- CAAMAÑO, A. (2003). *Los trabajos prácticos en ciencias*. En M.P. Jiménez y otros, *Enseñar ciencias*. Barcelona: Graó, pp. 95-118.
- DEL CARMEN, L. (2000). *Los trabajos prácticos*. En F.J. Perales y P. Cañal, *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Marfil, pp. 267-288.
- DUSCHL, R. A.; GITOMER, D. H. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), 839-858.
- GARCÍA, J. J. y CAÑAL, P. (1995). ¿Cómo enseñar? Hacia una definición de las estrategias de enseñanza por investigación. *Investigación en la Escuela*, 25, 5-16.
- HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 299-313.
- JIMÉNEZ, M.P. (2003). *El aprendizaje de las ciencias: construir y usar herramientas*. En Jiménez, M.P. y otros, *Enseñar Ciencias*. Barcelona: Graó, pp. 13-32.
- LEITE, L.; FIGUEIROA, A. (2004). Las actividades de laboratorio y la explicación científica en los manuales escolares de ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 39, 20-30.
- LOPES, B.; COSTA, N. (1996). Modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas: Fundamentación, presentación e implicaciones educativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 45-61.
- NOVAK, J. D. (1991). Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. La opinión de un profesor-investigador. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 215-228.
- PRIETO, T., BULLEJOS, J., MOLINA, E., HIERREZUELO, J. (1996). Evaluación de una unidad didáctica sobre las propiedades físicas de la materia, dirigida a alumnos de 12 a 13 años (II). *Revista de Educación*, 309, 309-332.
- PRO, A. (1997). ¿Cómo pueden secuenciarse contenidos procedimentales? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 6, 77-87.
- PRO, A. (1998). ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de Ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 411-429.
- PRO, A. (2003): *La construcción del conocimiento científico y los contenidos de ciencias*. En M.P. Jiménez y otros, *Enseñar Ciencias*. Barcelona: Graó, pp. 33-54.
- SERÉ, G. (2002): La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 357-368.

## ABSTRACT

The aim of this paper is to study the descriptive skills in high school's students in observation and conduct of an accessible material. 58 students have developed a no supervised practical work of description of buttons. Pupils have designed a lot of experiences in order to evaluate different physical and chemical properties.

KEYWORDS: *High School; Educative Innovation; Practical Work; Description; Observation.*

## RÉSUMÉ

Le but de ce travail est celui de connaître les capacités descriptives des étudiant de BAC à travers de l'observation et le comportement d'un matériel accessible. Pour cela, 58 élèves ont développé un travail de recherche non dirigé de description de boutons, ou on a dessiné une quantité importante d'expériences pour évaluer de différentes caractéristiques physiques et chimiques.

MOTS CLÉ: *Baccalauréat; Innovation éducative; Travail de recherche; Description; Observation.*