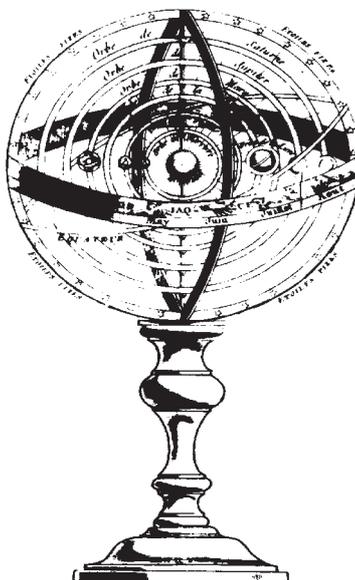


INNOVACIONES DIDÁCTICAS



COMO MUESTRA UN BOTÓN: UN EJEMPLO DE TRABAJO PRÁCTICO EN EL ÁREA DE CIENCIAS DE LA NATURALEZA EN EL SEGUNDO CURSO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

FRANCO MARISCAL, ANTONIO JOAQUÍN

IES Malilla, Valencia

antoniojoaquin.franco@uca.es

Resumen. Presentamos, en este artículo, un ejemplo de trabajo práctico en ciencias de la naturaleza en la etapa de educación secundaria obligatoria (13-14 años). El objetivo de este trabajo práctico es estudiar los errores conceptuales que cometen los alumnos al describir y clasificar cualquier tipo de elementos. Para ello, hemos elegido como elementos de trabajo, en clase y en el laboratorio, botones. Nuestra meta ha sido conseguir un trabajo práctico de acuerdo con los principios de una educación abierta, activa y participativa. De esta forma, los alumnos usarán la metodología científica unida al aprendizaje significativo.

Palabras clave. ESO, trabajo práctico, descripción, clasificación, errores conceptuales.

A button as a sample, an example of practical work in the field of natural science in second grade ESO (Compulsory Secondary Education)

Summary. We present in this paper an example of practical work in Natural Sciences at secondary education level (13-14 years old). The aim of this practical work is to study the conceptual mistakes that the students make when they describe and classify any type of elements. We have chosen as elements of work, at the classroom and the laboratory, buttons. Our goal has been to achieve a type of practical work according to the educational principles of openness, activity and participation. In this way the students will get used to the scientific methodology closely linked to significative learning.

Keywords. ESO, practical work, description, classification, conceptuales mistakes.

MARCO TEÓRICO

Una revisión de la bibliografía de los numerosos trabajos de investigación publicados durante las últimas décadas en revistas especializadas en didáctica de las ciencias acerca de los trabajos prácticos (TP) demuestra que existen tanto estudios a favor como en contra de los mismos. Algunos investigadores consideran que el TP de laboratorio es una pérdida de tiempo y recursos (Hofstein y Lunetta, 1982) y otros muchos han demostrado que los objetivos que se esperan cubrir con este tipo de enseñanza no se cumplen (Tamir y Lunetta, 1978; White, 1979). La principal crítica proviene de que los TP son meras «recetas de cocina», en las que los estudiantes no saben lo que están haciendo porque las etapas del método científico están ausentes. No son capaces de relacionar ni las cuestiones básicas, ni los conceptos y fenómenos involucrados en el experimento y además no ven la experimentación como un proceso de construcción del conocimiento (Tamir, 1977; Tobin, 1986; Tamir y García, 1992). Incluso algunos (Hodson, 1990) opinan que la única justificación para los TP es el moderado éxito que se produce en la enseñanza de técnicas de medida y en la mejora de la destreza manual de los alumnos. Estas habilidades, sería más apropiado adquirirlas por medio de otro tipo de actividades manuales, ya que se duda de que proporcionen algún valor educativo por sí mismas, al menos en la enseñanza no universitaria.

Otros estudios indican que la percepción que tienen los alumnos de la importancia de los trabajos en el laboratorio es bien diferente, puesto que no sostienen el mismo punto de vista que profesores e investigadores (Boud et al., 1980; Friedler y Tamir, 1986; Kirschner et al., 1993).

Por otro lado, existen también muchos autores que han trabajado en la línea de conseguir TP que sean fructíferos desde la consecución de aprendizajes coherentes con la filosofía constructivista (Gil Pérez, 1981, 1986; Hodson, 1990, 1994, 1996; Payá, 1991; Salinas, 1994; Caamaño et al., 1994) y, desde este punto de vista, la propuesta del TP que se presenta en este artículo persigue como objetivos mejorar el modo de aprender ciencia a través del planteamiento del problema, observación durante el experimento, formulación de hipótesis, toma de registros, diseño de pequeños experimentos y emisión de conclusiones, siempre con la práctica directa dentro del aula y del laboratorio y prestando, en este caso, especial interés en los aspectos descriptivos y clasificatorios.

Desde nuestro punto de vista, la realización de TP en las áreas de ciencias de la naturaleza o de física y química facilita comprender los conceptos teóricos, sirve para aprender procedimientos, motiva a los alumnos, relaciona la ciencia con la vida cotidiana, presenta de forma amena los contenidos, utiliza una metodología variada, ayuda a aprender con la manipulación y aplica el método científico como herramienta de trabajo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Decreto 47/1992, de 30 de marzo, del Govern Valencià, por el que se establece el Currículo de la Educación

Secundaria Obligatoria en la Comunidad Valenciana, establece, en el bloque 1, titulado «Aproximación al trabajo científico», del apartado III Contenidos, del Anexo Educación Secundaria Obligatoria (Ciencias de la Naturaleza), que los alumnos/as deben avanzar en la comprensión y utilización de los aspectos intelectuales y prácticos que les permitan abordar problemas desde el punto de vista científico y aumentar su entendimiento en cuanto al modo en que se producen y avanzan los conocimientos científicos. Corresponden a este bloque, entre otros, los contenidos de planificación y realización de observaciones, clasificaciones, etc. como respuesta a problemas. Por otro lado, el bloque 3, titulado «Propiedades generales de la materia y naturaleza corpuscular», propone estudiar las propiedades generales (masa y volumen) de los materiales en cualquier estado de agregación, así como algunas propiedades características.

Según la secuenciación de contenidos propuesta por esta Comunidad Autónoma dichos contenidos de observación, descripción y clasificación de la diversidad de sistemas deben estudiarse preferentemente en el primer ciclo, sin que esto suponga la exclusión total de aspectos interpretativos y explicativos de los mismos. Asimismo, se utilizarán modelos sencillos para explicar fenómenos habituales en su entorno próximo y se procurará una ampliación del campo experimental del alumno. En el primer ciclo se deben, por tanto, definir y establecer las formas de medir las propiedades generales de la materia, clasificar los sistemas según sus propiedades características y describir sus propiedades.

El TP que se presenta en este artículo intenta trabajar principalmente estos aspectos del currículo y creemos que su desarrollo aportará la base para la realización de futuras descripciones o clasificaciones que se presenten en el área de ciencias. Se trata, por tanto, de un tipo de trabajo que no suele programarse y que, sin embargo, juega un papel importante en el aprendizaje de los alumnos.

No olvidemos que la descripción y la clasificación son procesos científicos, es decir, son técnicas que se utilizan para desarrollar el método científico. Para resolver problemas, el científico debe adquirir una serie de habilidades, destrezas y actitudes relacionadas con la observación, la medición, la descripción, la clasificación, la formulación de hipótesis, la experimentación, la obtención de conclusiones a través de la inducción o la deducción, y el análisis o la síntesis.

Para llegar a una descripción correcta, el científico debe antes observar, y esto significa aplicar atentamente todos los sentidos al fenómeno, para estudiarlo tal como se presenta en realidad. Observar no es «mirar». La persona común mira a diario animales, vehículos, etc., sin inmutarse por ellos. El científico percibe esas mismas realidades y procura «observarlas» para tratar de explicar cosas. Por eso, al observar un fenómeno, es conveniente interactuar con él, efectuando algunas manipulaciones simples, ya que una descripción se enriquece mucho si se hacen observaciones cuantitativas. En la descripción del fenómeno no deben confundirse las observaciones con las interpretaciones.

Por otra parte, cuando los científicos descubren nueva información sobre la naturaleza, la clasifican y la relacionan con hechos ya conocidos o descubiertos. En definitiva, clasificamos cosas en grupos y categorías para mantener un orden, para seguirles la pista y para poder compararlas. Por ejemplo, los alimentos similares se agrupan en los estantes del supermercado para facilitar las compras a los clientes y para que puedan compararlos y decidir cuál prefieren. Los científicos, por ejemplo clasifican a los seres vivos para explicar las relaciones entre unos y otros y aprender sobre nuevas criaturas, observando sus similitudes con las ya conocidas. Así se ha creado la terminología taxonómica para organizar las especies de la tierra; y las plantas y los animales son generalmente organizados por su árbol genealógico (origen) y por sus características físicas y genéticas. Los geólogos hacen lo mismo con las rocas, las cuales son normalmente organizadas por su origen y por sus características físicas y químicas. Para entender mejor la naturaleza, y como uno de los pasos iniciales del conocimiento científico, es importante que los científicos organicen en grupos a la naturaleza. En definitiva, los científicos clasifican los objetos naturales como un primer paso hacia su comprensión.

Clasificar es, por tanto, agrupar cosas de acuerdo con alguna de sus propiedades, las cuales han sido detectadas a través de la observación y de su descripción. La clasificación permite organizar la información a la vez que establece relaciones significativas entre los datos. Puesto que cualquier clasificación es arbitraria, se debe elegir cuidadosamente el criterio más adecuado en cada caso, ya que un mismo grupo de elementos puede clasificarse atendiendo a diversos criterios. Son criterios de clasificación, por ejemplo, la forma, el color, el tamaño, la edad, etc. No olvidemos que una clasificación es útil de acuerdo a una finalidad, es decir, para qué se quiere. Así, la clasificación de animales en mamíferos y no mamíferos es útil para estudiarlos, pero no sirve para distribuir a los animales en un zoológico. Por eso, todas las características registradas no permiten siempre realizar una buena clasificación y se deben buscar criterios de clasificación con utilidad científica.

En definitiva, para tener éxito en el aprendizaje de las ciencias, es indispensable el desarrollo de dichas habilidades y destrezas. Con este TP se pretende, por tanto, aportar un granito de arena en la etapa de secundaria obligatoria al enseñar a los alumnos a buscar todo aquello que de común pueden presentar los diversos materiales.

El objetivo de este TP es, por tanto, analizar la capacidad del alumnado de secundaria para describir y clasificar objetos. Al tratarse de un problema significativo, es importante tomar conciencia de sus principales dificultades y errores.

MUESTRA Y METODOLOGÍA

El presente TP original es el resultado de una investigación realizada con 79 alumnos de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza de 2º de ESO (13-14 años) del IES Malilla de Valencia durante el curso 2003-2004. Dichos alumnos pertenecían a cuatro grupos diferentes (A, B, C y D), distribuidos de la forma que se indica en la tabla I. En la muestra de alumnos que lo realizan se encuentran también 2 alumnas extranjeras, de nacionalidad china, que sólo llevan 7 meses en España y, a pesar de que aún sus habilidades orales no son fluidas, ya disponen de un amplio vocabulario, saben escribir correctamente y realizan operaciones matemáticas sin dificultad. Además, este TP también se ha desarrollado en cursos anteriores en otros centros de la Comunidad Valenciana y, en el mismo, los propios alumnos han ido introduciendo aportaciones de mejora, especialmente en el diseño de las experiencias de laboratorio.

Para conocer las principales dificultades y errores de los alumnos, al describir y clasificar elementos, se les propuso una actividad muy sencilla y fácil de plantear en el aula, describir y clasificar botones. Se han elegido botones como elementos de trabajo al tratarse de objetos cotidianos, de los que podemos encontrar una gran variedad en el mercado.

Pedimos que cada alumno trajera a clase 10 botones diferentes y que realizara con ellos, de forma individual, una serie de tareas, que aparecen recogidas en el anexo I. Los alumnos dispusieron de 2 sesiones de 50 minutos para realizar dichas tareas. La primera sesión se dedicó a la descripción y la segunda a la clasificación.

La naturaleza de este estudio es exploratoria (Taylor y Bogdan, 1986); por consiguiente, el método de recolección de datos es inductivo y el análisis de los mismos es cuantitativo e inductivo-deductivo. Pretendemos, con esta forma de trabajo, obtener aprendizajes significativos, ya que, según Novak (1977), el aprendizaje significativo tiene ventajas sobre el aprendizaje rutinario. Para Donn (1989), los que aprenden de forma significativa responden a problemas nuevos autocuestionándose, relacionando y elaborando ideas. Por el contrario, los que aprenden de forma rutinaria responden exponiendo definiciones, sin poder extrapolar sus concepciones.

ORIGEN, USOS Y MATERIALES DE LOS BOTONES

Antes de analizar los resultados, estudiemos el origen, usos y materiales empleados en los botones. Según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua, botón es aquella pequeña pieza de metal, nácar, hueso, plástico u otras materias que se pone en los vestidos para abrocharlos o simplemente adornarlos.

Tabla I
Distribución de alumnos participantes en el TP en los diferentes grupos clase.

	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	Total
Alumnos de 2º de ESO que han desarrollado el TP	12	19	21	27	79

Los botones son tan antiguos como la historia escrita, ya que aparecen 4.000 años aC entre los egipcios, que los utilizaban para adornar su vestimenta, utilidad que adoptaron a lo largo de la historia otras civilizaciones: atenienses y romanos para sus túnicas, eclesiásticos de la edad media para sus hábitos, la reina Isabel de Inglaterra para sus guantes, etc. Sin embargo, la edad de oro de la botonería fue la de los reinados de Luis XIV, Luis XV y Luis XVI. En Italia, los Borgia y Médicis usaban botones con ampollas de veneno para el asesinato político.

Los materiales más antiguos empleados en su fabricación fueron madera, hueso y marfil. Con la aparición de la metalurgia, se fabricaron de oro y plata. A partir del siglo XVIII los troqueles y prensas permitieron su fabricación masiva. Se emplearon también metales menos costosos, como hierro, estaño y zinc, o aleaciones. En el siglo XVIII surgen botones de acero, de madera forrados de paño, de pasta de porcelana y forrados de vidrio. Durante la Revolución Francesa los botones se adornaron con emblemas adoptados por el movimiento revolucionario. Los botones de cristal multicolor imitando piedras preciosas fueron populares en el siglo XIX. El vulcanizado de la goma permitió fabricarlos de vulcanita y ebonita. Durante los siglos XVIII y XIX se utilizaron otros materiales como el casco córneo de los cuadrúpedos, conchas, corcho, cartón piedra, ébano, azabache, marfil y cuero. El siglo XX se distingue por el auge de los botones plásticos, la mayoría de caseínas y resinas fenólicas, algunos de los cuales imitan materiales muchos más costosos. Son los preferidos actualmente al poder fabricarse en toda clase de formas, con bordes festoneados o estriados.

La industria botonera aparece especialmente desarrollada en Inglaterra (Birmingham), Francia, Alemania, Austria, Italia, Checoslovaquia, Japón y Estados Unidos.

La afición a coleccionar botones, nacida a finales del siglo XVIII, ha adquirido tal auge en los últimos años que hoy se codea en importancia con la filatelia y la numismática. Los botones expuestos en los museos de arte señalan la marcha de la civilización con la variedad de su diseño y los cambios del material empleado en su manufactura. (Nicholls, 1943-45; Johnson, 1948; Cooper, 1982; Fields, 1994; Whittmore, 1997).

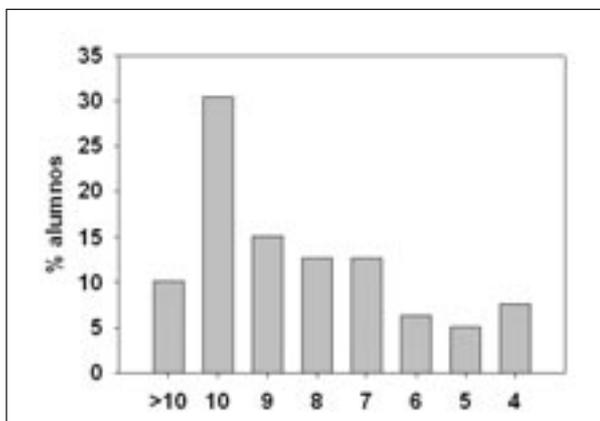
RESULTADOS

Tarea 1 (T1): Descripción de botones

El anexo II es un ejemplo de T1 correspondiente al alumno A02.

En primer lugar, estudiamos las dificultades que tienen los alumnos para encontrar propiedades o características del elemento. En la gráfica 1 se representa el tanto por ciento de alumnos capaces de utilizar un cierto número de propiedades para la descripción del botón.

Gráfica 1
Núm. de propiedades utilizadas en la descripción del botón.

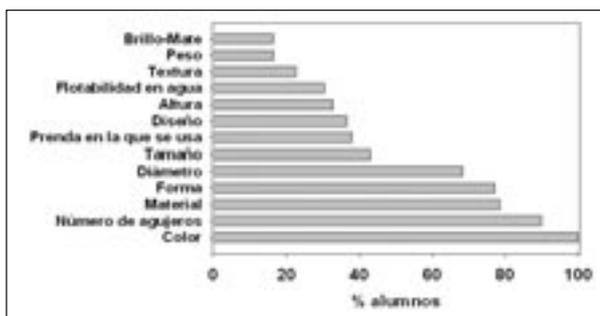


Como muestra esta gráfica, los alumnos no presentan dificultad en describir un elemento utilizando 9 o 10 propiedades, incluso algunos usan más de 10. El 19% de alumnos sólo son capaces de describir los botones utilizando de 4 a 6 propiedades. Muchos de ellos son alumnos con dificultades de aprendizaje que están desarrollando en nuestro centro programas de adaptación curricular individual, ya sea significativa o no significativa.

En la descripción de los botones, han empleado un número muy elevado de propiedades, ya que han sido 54 las características utilizadas. Observamos que existen propiedades usadas por un grupo mayoritario de alumnos y otras por grupos minoritarios. Podemos considerar 13 propiedades mayoritarias, ya que han sido empleadas en los 4 grupos clase en los que se ha desarrollado este TP y han sido utilizadas por 10 o más alumnos diferentes. Consideramos, por tanto, al resto de características, propiedades de uso minoritario, por haber sido empleadas por menos de 10 alumnos y no en todos los grupos de trabajo. En total hay 41 propiedades minoritarias.

Las propiedades mayoritarias empleadas en la descripción aparecen en la gráfica 2, que ofrece información del tanto por ciento de alumnos que han utilizado cada propiedad. Asimismo, también se recogen en la tabla II, donde además se especifica el número de alumnos de cada clase que la utilizan.

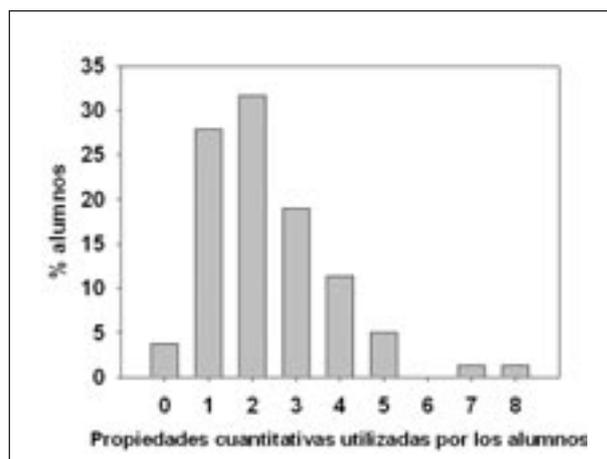
Gráfica 2
Tanto por ciento de alumnos que utiliza las propiedades mayoritarias.



Observamos que color, número de agujeros, material y forma han sido las 4 propiedades más utilizadas. De hecho, el color ha sido la única propiedad utilizada por todos los alumnos, quizás por ser la primera propiedad que llama la atención del botón. Asimismo se observa la preferencia por propiedades específicas de carácter cualitativo del botón, siendo un reducido número de alumnos los que emplean propiedades cuantitativas, como figura en la gráfica 3, que representa el tanto por ciento de alumnos que han utilizado propiedades cuantitativas en su descripción.

Gráfica 3

Tanto por ciento de alumnos que emplea propiedades cuantitativas.



Para la realización de esta gráfica se han considerado propiedades cuantitativas aquéllas en las que el alumno ha empleado una cifra para describirla con o sin unidad, omitiendo las propiedades propuestas que tienen carácter cuantitativo y que se han descrito como cualitativas. Con esta premisa de antemano, entre las propiedades contabilizadas como cuantitativas se encuentran aquéllas en las que no se ha realizado medición alguna, tal es el caso de la propiedad «número de agujeros». Teniendo esto en cuenta, y suponiendo que utiliza en total 10 propiedades, concluimos que sólo el 7,5 % (los

que utilizan 5 o más propiedades cuantitativas), es capaz de describir con precisión cualquier elemento de forma cuantitativa. Más adelante, cuando tratemos diámetro y altura, volveremos a incidir en el tema de la cuantificación.

Se prefieren también utilizar propiedades específicas o características del elemento antes que propiedades generales, como la masa o el volumen. Los datos indican que sólo un 16,45 % utiliza la masa como propiedad y sólo un alumno utiliza el *volumen* en su descripción, pero no correctamente. Eso sí, algunos alumnos intentan aproximarse al concepto de volumen al citar entre sus propiedades el diámetro y la altura del botón.

ERRORES CONCEPTUALES EN LAS PROPIEDADES UTILIZADAS

Estudiemos a continuación los errores conceptuales encontrados en las propiedades generales del botón. Toda la información que aparece entre comillas está copiada literalmente de las tareas presentadas.

Masa

Observamos que los conceptos *masa* y *volumen*, tan trabajados desde edades tempranas, no son utilizados con el rigor científico adecuado. Ningún alumno propone como propiedad, el término *masa*, y todos aquéllos que la utilizan la denominan «*peso*», a pesar de haber estudiado estas ideas fundamentales: la masa de un cuerpo es la cantidad de materia que tiene, es una magnitud invariable, se mide en kilogramos y con la balanza; mientras que el peso de un cuerpo es una fuerza, que varía con la gravedad, se mide en newtons y con el dinamómetro. Esto confirma la persistencia de la idea previa de confundir los conceptos *masa* y *peso*, debido a que la acción de medir masas se designa con el verbo *pesar*. Los alumnos de 13-14 años suelen confundir también masa con tamaño (*volumen*), ya que su intuición les indica que los cuerpos más grandes son los de mayor masa.

Tabla II
Propiedades mayoritarias utilizadas en la descripción del botón.

Propiedad	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	Total
Color	12	19	21	27	79
Número de agujeros	10	16	19	26	71
Material	9	15	16	22	62
Forma	9	16	12	24	61
Diámetro ⁽¹⁾	8	13	12	21	54
Tamaño	6	6	10	12	34
Prenda en la que se usa	3	5	11	11	30
Diseño	1	12	4	12	29
Altura ⁽²⁾	2	7	6	11	26
Flotabilidad en agua	3	10	11	0	24
Textura ⁽³⁾	1	2	11	4	18
Peso	4	3	4	2	13
Brillo / Mate	1	5	6	1	13

Otros términos empleados por algunos alumnos son: ⁽¹⁾ «*longitud*», «*largo*» o «*anchura*» u otros utilizados de forma incorrecta; ⁽²⁾ «*grosor*»; ⁽³⁾ «*rugosidad*» o «*liso*» / «*suave*» o «*rugoso*».

Sorprendentes son los resultados de C04, que da como «peso» los valores 1 y 0 sin unidades. Preguntamos a dicha alumna que razone el significado de sus resultados. C04 responde: «su unidad es gramos y al pesar había algunos botones para los que la balanza daba el valor de 0 con algo, lo que indica que no pesan nada, y que por lo tanto, su peso es 0 gramos». Según la descripción de B12, ninguno de sus botones, excepto uno, pesan. Utiliza «1 gm», para el botón que pesa y «0 gm no pesa», para el resto. Esta alumna, además de cometer el mismo error que la anterior, desconoce también el símbolo de la unidad de masa. Por otro lado, D23 propone «peso refiriéndose al botón» y lo describe de forma cualitativa, como «pequeño», «mediano» o «grande».

Volumen

Sólo C02 utiliza la propiedad «volumen» en su descripción y además de forma errónea. El 43,03 % intuye este concepto, pero lo denomina «tamaño», propiedad que debería usarse como cuantitativa, pero que es usada por todos los alumnos, excepto B18, cualitativamente al describir con «pequeño», «mediano» o «grande».

C02, que propone «volumen» da como respuestas «sí» o «no». Además sólo 2 de sus 10 botones poseen volumen. Podríamos pensar que el volumen tiene sentido para esta alumna si el botón es muy grueso, pero curiosamente los botones que para ella lo tienen no lo son, ya que presenta 4 botones con características muy similares (altura 1 mm y diámetro 1 cm) y sólo uno de ellos dice que lo tiene. La diferencia entre este botón y los otros 3 está en el color y número de agujeros: 4 en lugar de 2. ¿Se deberá a esto la diferencia? Por ello, cuando preguntamos qué entendía por el concepto *volumen*, responde: «Los botones que son planos no tienen volumen, sólo tienen los que no son planos.»

B18, una de las alumnas de nacionalidad china, realiza cálculos de volumen al utilizar la propiedad «tamaño» para un botón con forma de rombo que contiene inscrita una elipse. Primero calcula el área de la base de su botón haciendo uso de la fórmula del rombo y luego multiplica el resultado por la altura. Su único error se encuentra en las unidades al utilizar mm² en lugar de mm³.

Comentemos a continuación errores conceptuales hallados en algunas de las propiedades características, siguiendo un orden de mayor a menor utilización.

Color

En lo referente a esta propiedad, destaca la falta de matización en el tono, recurriendo en la mayoría de los casos a un color básico. Así, B17 llama «verde» a dos de sus botones, pero uno de ellos es verde claro y el otro oscuro. Un segundo error se halla en aquellos botones que presentan 2 colores o tonalidades diferentes. En estos casos, el color minoritario no suele nombrarse.

Número de agujeros

La mayoría de los alumnos describe esta propiedad con los términos 4, 2 o sin agujeros. Observamos que algunos presentan botones con una anilla por detrás y 13 alumnos consideran que es un agujero de las mismas características que los de la parte delantera, e indican, de forma incorrecta que dichos botones tienen 1 agujero. Otros 13 alumnos con botones con esas características indican de forma correcta que dichos elementos no presentan agujeros. Encontramos también errores ortográficos muy generalizados al escribir el término *agujero*. Se han detectado seis versiones erróneas para este término: «ahujero», «aujero», «augero», «gujero», «avujero» y «abujero».

Material

En la tabla III se indican los diferentes términos utilizados para describir el material de sus botones, así como el número de alumnos que lo emplea.

Tabla III
Términos empleados para describir el material del botón.

Descripción del material del botón	Núm. de alumnos
Plástico	60
Metal	20
Tela / Lana / Piel	6
Madera	5
Nácar	5
Dos materiales a la vez	5
Hierro	4
Aluminio	3
Hojalata	1
Acero	1
Latón	1
Pasta	1

En la actualidad, los materiales más empleados en la industria botonera son los diferentes tipos de plásticos, y así lo confirma la descripción de la muestra estudiada. Salvo 3 alumnos, este material se utiliza de forma correcta. Se trata de D05, D20 y D22, que describen el material de uno de sus botones como «concha», «madera» o «pasta», respectivamente, cuando en realidad son de plástico. D10 utiliza en su descripción el matiz «plástico duro» y B16 indica el tipo de plástico de uno de sus elementos: «polietileno».

Mayor dificultad encuentran al describir otro tipo de materiales, como aluminio o latón, que los denominan genéricamente «metal». Así, 20 alumnos describen como «metal» y 4, como «hierro» cuando en realidad dichos botones son todos de aluminio y sólo 3 alumnos utilizan este material adecuadamente. De nuevo, B16 especifica

el tipo de metal, indicando que es zinc. Al preguntarle cómo conoce exactamente el material, responde que, al comprar los botones, preguntó a la dependiente de la tienda el material de que estaban hechos.

Únicamente los alumnos A06, B01, B03, C14 y D04, utilizan 2 materiales para describir un mismo botón. Así indican que son de «plástico y cuero», «tela y plástico», «plástico y cristal», «hojalata y plástico» o «plástico con borde de madera», respectivamente. B03 indica erróneamente que, además de plástico, es de cristal, y su confusión se debe a que una parte de su composición es de plástico transparente.

Forma

En la tabla IV se recoge la descripción de la forma de los botones descritas por los diferentes alumnos y en la tabla V aparecen otras formas utilizadas pero solamente por un alumno.

Tabla IV
Términos empleados para describir la forma del botón.

Descripción de la forma del botón	Núm. de alumnos
Redonda	40
Circular	16
Redonda más otra característica	13
Cuadrada	8
Circular más otra característica	5
En flor	5
Corazón	3
Triangular	3
Con forma de otro objeto (lazo, zapatilla)	2
Alargada	2
Elipse	2
Ovalada	2

Tabla V
Otros términos empleados sólo por un alumno para describir la forma del botón.

Cilindro	Rombo	Semiesférica
Cuadrangular	Pentagonal	Esférica
Plano	Hexagonal	Curvada
		Medio redonda

Numerosos son también los errores conceptuales encontrados al describir la forma del botón. Hay que destacar que la mayoría de alumnos no tiene en cuenta que el botón es un objeto tridimensional, por lo que, al no

considerar la altura, olvidan que el botón clásico (el más abundante de los que presentan) tiene forma cilíndrica y se limitan a describir su forma como si fuera vista desde un plano. Por esta razón, las formas «redonda» y «circular» son las más usadas en las descripciones. Esto está de acuerdo con el escasísimo número de alumnos que aportaba el volumen como propiedad.

Los datos obtenidos indican que sólo D17 describe como «cilindro» uno de sus botones, de uso en abrigos, y cuyas dimensiones son: altura 3,5 cm y radio de la base 0,5 cm. Sin embargo, otro de sus botones, de 1,1 cm de radio de la base y 0,4 cm de altura lo describe con forma «redonda». En definitiva, los alumnos sólo describen formas cilíndricas si el botón presenta a simple vista la imagen tridimensional que tienen de cilindro; en otras palabras, lo describirán para botones cuya altura sea mucho mayor que su base. Esto resalta la idea previa de que el volumen sólo depende de la altura del objeto. Esta idea concuerda con C10 y D07 que describen sus botones como «alargados» y no como «redondos», ya que cumplen la misma condición de presentar mayor altura que base.

Por otro lado, existe un elevado número de alumnos que a la descripción «redonda» o «circular» añaden una segunda característica, en unas ocasiones relacionada con la forma, y en otras no. Algunos ejemplos son: B14 describe como «redondo con letras» o «redondo con el borde hacia arriba»; D20 utiliza «redondo con figuras», «redondo con hueco plano» o «redondo con un rectángulo en su interior». 4 alumnos indican acertadamente «redondo cóncavo», mientras que D10, para referirse a esta forma cóncava, indica «circular ondulado». Por último, A07 utiliza el término confuso «redonda cuadrada», para indicar que el botón contiene en su interior un cuadrado. Este mismo tipo de botón, lo describe correctamente D26 indicando «exterior redondo, interior cuadrado».

En segundo lugar, encontramos alumnos que presentan botones con forma «emiesférica», tal es el caso de algunos botones de batas, batines o sofás, pero sólo B19 lo describe de forma correcta. Los términos utilizados de manera errónea para este tipo de botones son: «redonda» (C14), «medio redonda» (B09), «curvada» (B12), «ovalada» (D01) y «esférica» (D10), volviendo a mostrar, salvo en el último caso, una visión no tridimensional del objeto. El término «ovalado» es también usado de forma errónea por D17 para un botón con forma de «coche».

Estudiemos ahora errores hallados en la forma de la base. Respecto a la forma «cuadrada», sólo 3 alumnos de los 8 que la usan lo describen correctamente. La base de los botones de A07, D10, D18, D26 son en realidad octógonos irregulares, de manera que los 4 lados de los vértices son de menor longitud que los restantes, de ahí que se aproximen a la forma «cuadrada». B01, que describe con forma «cuadrada» es en realidad rectangular.

Asimismo, los 3 alumnos que proponen forma «triangular» también cometen error, porque estos botones presentan, en efecto, tres vértices, pero la unión entre ellos no es recta sino curva.

Por otro lado, D03 describe un botón con forma de «rombo», lo cual es incorrecto, ya que los 4 lados de su base son iguales, y se trata, por tanto, de un cuadrado. Cree que tiene forma de «rombo» porque lo ha situado con un vértice en la parte superior.

Por último, D14 usa forma de «elipse» en 3 de sus botones, que se corresponde con forma de «cilindro» y presenta dos alturas laterales, o en otras palabras, son cóncavos. B18, que emplea este término de forma correcta, lo describe con forma de «elipse inscrita en un rombo».

El resto de formas propuestas que aparecen en las tablas IV y V han sido descritas correctamente.

Diámetro y grosor

Es notable destacar el gran número de errores conceptuales encontrados en el uso y cuantificación de los términos «diámetro» y «altura». En primer lugar, tienen confusión con algunos términos que utilizan para su descripción, porque tienen una visión bidimensional del botón, olvidando que se trata de un objeto tridimensional. Así, utilizan, para describir la base o altura del botón, los términos «anchura», «largo», «longitud», «medida», «tamaño», «diámetro» o «radio»; y pocos son los que emplean «altura» o «grosor». Como sabemos, los términos correctos para describir un cilindro, forma del botón más usual, son «diámetro» para la base, y «altura». Son, por tanto, incorrectos los términos «longitud» y «anchura», ya que estos conceptos se corresponden con las dos dimensiones principales, la mayor y la menor, respectivamente, que tienen las cosas o figuras planas. De la misma forma, el resto de términos empleados, «medida», «largo» o «tamaño» se utilizan de forma errónea.

B11 utiliza dos términos similares («largo» y «anchura») con la intención de referirse a propiedades distintas, diámetro y altura, respectivamente, cuando ambos, mal utilizados, corresponden al mismo concepto: «diámetro». D13 habla de «cuánto mide» refiriéndose al diámetro mientras que A10 utiliza «anchura» para referirse a grosor.

Algunos también cometen errores con los términos «diámetro» y «radio». D01 utiliza «medida» para dar datos de diámetro y, como segunda propiedad, aporta «diámetro» dando datos de radio. Por otro lado, D10 utiliza «largo», dando como valor el doble del diámetro, y «radio» para el valor del diámetro; mientras que C14 ofrece datos de dos veces el diámetro para «diámetro». C20 denomina al diámetro, «tamaño»; y luego da también valores de «radio» de forma correcta.

D08 utiliza «medida» para referirse a diámetro y para todos los botones el resultado es: «Más o menos 1 cm [...]».

En segundo lugar, cabe destacar que en general estas medidas presentan gran error, especialmente en botones cuya base no es circular. Se trata de errores sistemáticos a causa del observador, que tiene el vicio de medir un poco por exceso o por defecto porque no utiliza correctamente el instrumento de medida.

A continuación, comentemos errores en unidades. La mayoría utiliza cm o mm, pero es habitual encontrar alumnos como A01, A12, C08, D03, D04 o D10 que no las utilizan y presentan todos los datos sin unidades. Otros, que sí las utilizan, lo hacen sin ser conscientes de su significado, y así encontramos errores accidentales como el de B02 que presenta 3 botones que tienen 2 m de grosor en lugar de 2 mm, o 2 de los botones de D10 cuyos diámetros son 5 m y 8 nm, respectivamente, cuando en realidad son mm. Por otro lado, B01 utiliza como unidad para todos sus botones el cm, pero cometiendo errores sistemáticos, porque sólo da medidas correctas de diámetro si es menor de 1 cm (da valores correctos como 0,8 cm). Para diámetros mayores de 1 cm da, entre otros, el valor 0,15 cm en lugar de 1,5 cm.

Por último, comentemos el grosor. C04 y C12 lo describen de forma cualitativa, utilizando los términos «muy poco», «poco», «normal» o «bastante», mientras que C05 utiliza «fino» o «grueso». D14 muestra más rigor científico y aporta 2 medidas de grosor para un botón cóncavo.

Diseño

Se han englobado en esta propiedad aquellos términos utilizados para referirse al diseño o adornos del botón como: «dibujos», «efectos» o «relieve». Los alumnos emplean, en este apartado, descripciones muy variadas. A modo de ejemplo se citan: «con rayas verticales», «difuminado», «con ondas», «girasol», «serigrafiado», «con letras», «con estrellas», etc. No se han encontrado errores conceptuales en esta propiedad ni en el resto de características no comentadas.

ESTUDIO DE PROPIEDADES MINORITARIAS

En la tabla VI de la página siguiente se indican las propiedades minoritarias propuestas para la descripción de los elementos.

Se observa que muchas de las propiedades minoritarias siguen teniendo que ver con las características cualitativas del botón que destacan a simple vista y, curiosamente, son resultado de una observación más detallada en las principales propiedades usadas. Así, vuelven a repetirse aspectos relacionados con el color, como «número de colores» o «colores oscuros o claros»; o relacionados con los agujeros como su «posición», «forma» o «diámetro». Aparecen de nuevo aspectos relacionados con la forma, como la presencia o no de «borde» o «número de círculos». En relación con las dimensiones, un grupo minoritario no olvida la «profundidad» de algunos botones e incluso 2 alumnos utilizan la fórmula del perímetro de la circunferencia para aportar este dato. Respecto a las características del material surgen aspectos relacionados con su resistencia, como «resistencia al fuego», «dificultad para romperse», «tenacidad»; o sus características como tipo de cuerpo («transparente», «opaco», «translúcido» o «impermeable»); o si está o no «forrado». En muchas de estas propiedades, al no saber aportar experimentos para eva-

luarlas, se limitan a responder «Sí / No». Ahora también se matiza la flotabilidad en agua introduciendo sal. Minoritario es el grupo que describe con conceptos relacionados con el área de física. Destacan las medidas de tiempo en movimientos de traslación (incluida la caída libre) y de rotación, aunque algunos utilizan como unidad «sg» en lugar de «s».

Tarea 2 (T2): Diseños experimentales

Como se concluyó de la gráfica 3, pocos alumnos cuantifican propiedades correctamente. Veamos a qué factores se debe este porcentaje tan bajo estudiando los cuatro comportamientos de los alumnos al cuantificar:

a) Existen una serie de propiedades que todos los alumnos cuantifican de forma correcta, ya que no requieren la utilización de ningún aparato de medida y no pueden conllevar a error, caso del número de agujeros.

b) Alumnos que proponen, en su descripción, propiedades cuantitativas pero a la hora de cuantificarlas, no lo hacen, describiéndola como si fuera cualitativa. Tal es el caso del 43,03 % que proponen la propiedad «tamaño» y, en su descripción, utilizan «pequeño», «mediano» o «grande»; o de D17, que cita como propiedad la «posición de los agujeros», indicando en la descripción «uno al lado del otro» o «detrás», pero no aporta distancias a ningún origen.

c) Alumnos que utilizan propiedades que requieren uso de un instrumento de medida para su cuantificación. Así, para cuantificar la masa, lógicamente proponen el uso de la balanza. Para la toma de datos de diámetros y alturas

algunos proponen el calibre, pero la mayoría prefiere la regla y, como se discutió, los datos demuestran que no saben utilizar adecuadamente los instrumentos de medida.

d) Algunos proponen propiedades que requieren pequeños diseños de experiencias de laboratorio para cuantificarlas. Paradójicamente, las propiedades que requieren estos diseños son minoritarias. A continuación, comentaremos algunos de los diseños propuestos y llevados a cabo por los propios alumnos.

Algunos alumnos estudian la flotabilidad del botón en diferentes condiciones. Proponen, de forma independiente, hasta tres experimentos relacionados con el empuje de Arquímedes. El primero de ellos, el más sencillo, llevado a cabo por el 30,38 %, consiste en introducir el botón en un vaso de precipitado con agua del grifo y observar si durante un minuto flota o se hunde. Curiosamente ningún alumno propone realizar este experimento en ningún otro líquido, ni siquiera en agua destilada. Otros, tras haber estudiado recientemente que la densidad y flotabilidad en mares y océanos es mayor cuanto mayor es la concentración de sales en agua, caso del mar Muerto, proponen la segunda experiencia, consistente en medir la flotabilidad en agua, pero en presencia de sal. Su experimento consiste en añadir cucharadas de sal común a un vaso con agua donde se probará la flotabilidad del botón. El tiempo esperado entre cada cucharada de sal fue un minuto. Sólo A08 diseña un tercer experimento más completo. Primero, comprueba la flotabilidad en agua y luego consigue hacerlos flotar añadiendo cucharadas de sal. Por último, este alumno estudia la estabilidad en sal, observando si, tras añadir la sal, el botón, permanece estable o, por el contrario, se tambalea.

Tabla VI
Propiedades minoritarias utilizadas en la descripción de botones.

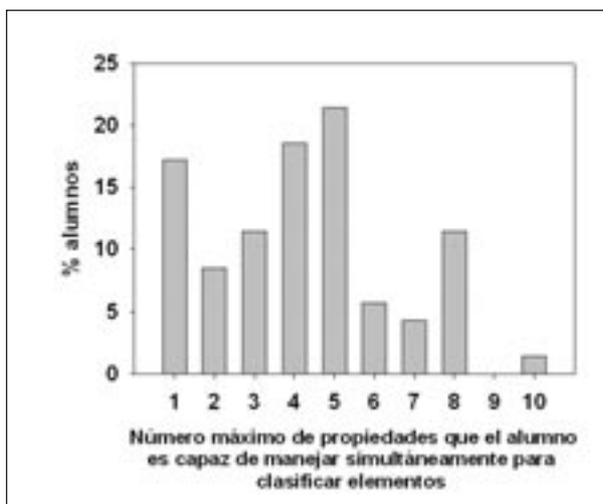
Propiedades	Núm. de alumnos	Propiedades descritas (2 alumnos)
Número de colores	9	Resistencia al fuego Opaco / Translúcido
Precio	8	
¿Tiene borde? (Sí / No)	7	Longitud de la circunferencia
Oscuro / Claro	5	Radio / Diámetro del agujero
Marca	5	Propiedades descritas por 1 alumno
Flotabilidad en agua con sal (Sí / No)	5	Número de círculos
Dificultad para romperse	4	Forma de agujeros
Transparencia (Sí / No)	4	Posición de agujeros
Tiempo en caída libre	4	Tipo de cosido
Hilo a la vista (Sí / No)	3	Dificultad para coser
Forrado (Sí / No)	3	¿Te puedes reflejar en ellos? (Sí / No)
Profundidad	3	Usado (Sí / No)
Impermeable (Sí / No)	3	Uso en mangas (Sí / No)
Tiempo que da vueltas sin caerse	3	Tenacidad (Sí / No)
Dureza (Sí / No)	3	Volumen (Sí / No)
		¿Rueda? (Sí / No)
		Tiempo desde que se compró
		Tipo de ropa
		Género de la ropa
		Dificultad en encontrarlo
		Homogéneo / heterogéneo en color
		Orden de llegada en la carrera
		Facilidad para desabrochar
		Capacidad de sujeción
¿Se puede poner de pie? (Sí / No)	3	

Por otro lado, varios alumnos diseñan experimentos relacionados con la cinemática. A02, A08 y A12 proponen medir el tiempo en caída libre de un botón. Su diseño consiste en dejar caer el botón desde el segundo piso del instituto hasta la planta baja, donde se encuentra otro alumno con un cronómetro. A10 mide el tiempo que permanece rodando en línea recta cada botón una vez aplicado el mismo impulso inicial. Por otro lado, B01 realiza incluso carreras de botones al diseñar una experiencia que consiste en hacer rodar cada botón desde un plano inclinado, medir las distancias recorridas hasta que se detiene y el tiempo empleado. Esta alumna indica el orden de menor a mayor rapidez, por lo que es la única que está intuyendo los conceptos de «velocidad» y «aceleración». Otros (A10 y A12) diseñan experiencias relacionadas con la rotación del botón calculando el tiempo que permanece girando tras aplicarle un mismo impulso inicial. Por último, A12 propone una experiencia de resistencia de materiales, que consiste en dar un martillazo a cada botón para comprobar si éste se rompe o no. Para ello ha comprado 2 botones de cada tipo.

Tareas 3 a 8 (T3 a T8): clasificación de botones

El objetivo de T3 y siguientes es aprender a clasificar elementos partiendo de una única característica común, a la cual se van añadiendo sucesivamente nuevas propiedades. La gráfica 4 compara el número máximo de propiedades que los alumnos pueden manejar simultáneamente al clasificar.

Gráfica 4
Tanto por ciento de alumnos que utiliza un cierto número de propiedades a la vez en la clasificación.

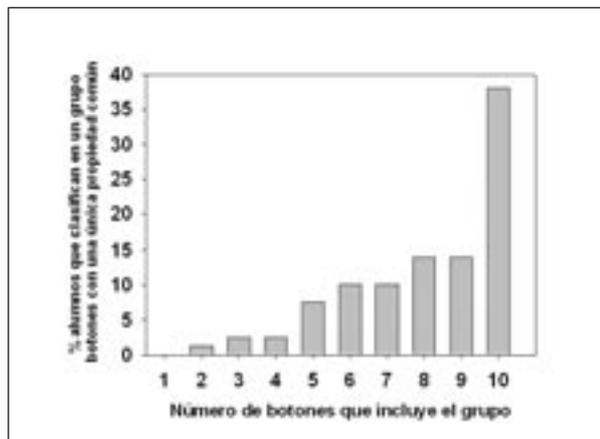


Se observa que los alumnos encuentran dificultad al manejar más de 5 variables a la vez.

Se ha realizado un estudio detallado de las clasificaciones realizadas al ir incrementando el número de propiedades comunes a los botones.

Así en T3 el alumno debe formar un grupo que incluya el mayor número posible de sus botones y donde todos tengan en común una misma propiedad. La gráfica 5 representa el tanto por ciento de alumnos capaces de clasificar, en un grupo, a un cierto número de botones con una misma característica.

Gráfica 5
Tanto por ciento de alumnos que clasifica atendiendo a 1 propiedad común (T3).



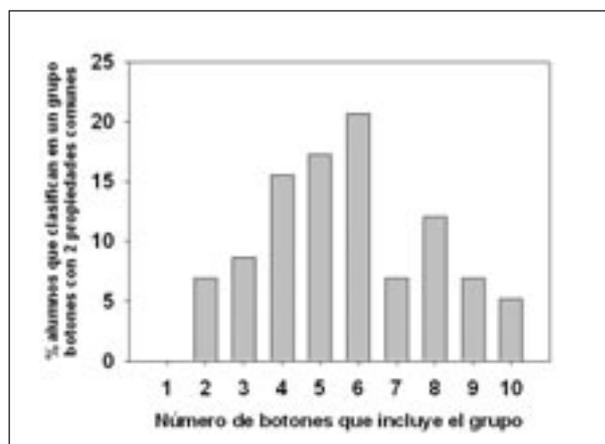
Estos datos indican que casi todos los alumnos clasifican sin dificultad cuando el criterio de clasificación es una única propiedad común. También muestra que aproximadamente un 38% de los alumnos es capaz de encontrar una propiedad común a todos sus botones. Asimismo, un 65,8% es capaz de encontrar en 8 o más botones una característica común.

Al analizar T4, se observa que, al trabajar con 2 propiedades simultáneamente, el alumno encuentra dos dificultades. La primera es que no comprende correctamente el enunciado de la tarea, mientras que la segunda se corresponde con la dificultad intrínseca de clasificar atendiendo a 2 variables. Así, el 8,86% desarrolla incorrectamente T4 y siguientes, y las realiza como T3 pero considerando las propiedades de forma independiente. T4 realiza 2 grupos de botones, uno por cada propiedad elegida, en lugar de un único grupo cuyos botones tienen en común 2 propiedades. A modo de ejemplo, el anexo III muestra T4 y sucesivas desarrolladas correctamente, donde para T4, A02 encuentra que sus 10 botones tienen en común la forma redonda y el material plástico.

Por dicha razón, el número de alumnos que interviene a partir de T3 es inferior al total de 79. Así, el tanto por ciento de alumnos expresado en las gráficas 6 y 7 está referido al número de alumnos que realiza dichas tareas correctamente.

La gráfica 6 muestra el número de botones con 2 propiedades comunes clasificados por los alumnos en un único grupo.

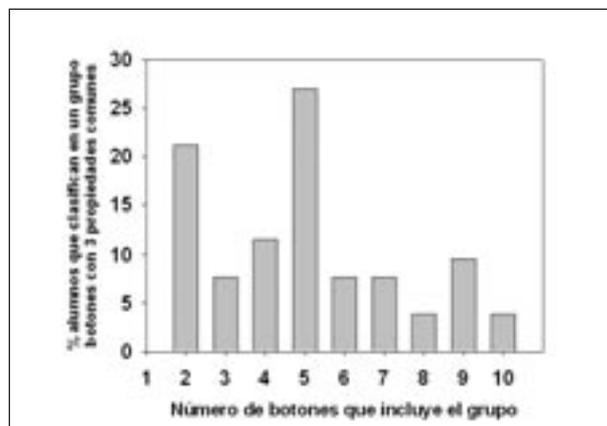
Gráfica 6
Tanto por ciento de alumnos que clasifica atendiendo a 2 propiedades comunes (T4).



Al clasificar atendiendo a 2 propiedades comunes (T4), se observa un cambio en la forma de la gráfica, que ahora presenta forma de campana con un máximo para grupos con 6 botones. En otras palabras, a diferencia de la gráfica 5, donde se observa un aumento progresivo de clasificaciones correctas al incrementar el número de botones que tienen una propiedad común, la gráfica 6 muestra que, al buscar 2 propiedades comunes al conjunto de botones, se produce un descenso en las clasificaciones que incluyen más de 6 botones. En este caso, sólo el 24,12% de los alumnos es capaz de encontrar en 8 o más de sus botones 2 características comunes. Así, al clasificar atendiendo a 2 propiedades comunes la probabilidad de encontrar grupos con al menos 6 botones es alta.

El análisis de T5 conduce a clasificaciones más reducidas. La gráfica 7 muestra el número de botones que los alumnos incluyen en un grupo donde todos sus elementos tienen en común 3 propiedades.

Gráfica 7
Tanto por ciento de alumnos que clasifica atendiendo a 3 propiedades comunes (T5).



Para el estudio de la gráfica 7, correspondiente a T5, podemos dividir la gráfica en dos partes. Una primera parte corresponde a un máximo para clasificaciones que solamente incluyen 2 botones que poseen 3 propiedades comunes; y una segunda parte, en forma de campana, a clasificaciones que incluyen desde 3 a 10 botones, y cuyo máximo se presenta para grupos con 5 botones.

Respecto a la primera zona es bastante llamativo el elevado porcentaje de alumnos (21,15%) que sólo encuentra 2 botones con 3 propiedades comunes. En cuanto a la segunda zona de la gráfica se observa que las clasificaciones mayoritarias son aquéllas que contienen un número reducido de botones, de forma que el 67,29% de alumnos no es capaz de encontrar entre sus 10 botones más de 5 que posean 3 propiedades en común, mientras que sólo el 17,29% es capaz de encontrar en su conjunto 8 botones con 3 propiedades idénticas.

Podemos generalizar que, al avanzar en el número de propiedades, los grupos son más reducidos. Por ello, al aumentar el número de propiedades en común al grupo, las clasificaciones con más botones disminuyen y los grupos con pocos aumentan. De ahí que, al clasificar atendiendo a una única propiedad, 30 alumnos engloban todos sus botones en el mismo grupo, mientras que sólo 3 alumnos encuentran 2 propiedades comunes a sus 10 botones. Los grupos mayoritarios en T3 (8, 9 y 10 botones) se convierten en grupos de 4, 5 o 6 elementos al trabajar con 2 o 3 propiedades.

Por último, se observa que, en la elección de propiedades para clasificar, se toman como propiedades de partida aspectos generales (color, material...) que en ocasiones se tienen que ir particularizando en las tareas más elevadas.

MÉTODOS DE OPERAR EN LAS TAREAS

Se han detectado tres métodos de trabajo al desarrollar las clasificaciones. Por un lado, un 20,25% de alumnos sigue una secuencia sistemática en sus clasificaciones (método A), a través de unos pasos ordenados para realizar la clasificación, consistentes en avanzar en tareas conservando las propiedades anteriores, de manera que al grupo de botones formado en la tarea anterior añaden una nueva propiedad común, intentando descartar en este nuevo grupo el mínimo número de botones. Las tareas del anexo III son un ejemplo del uso de este método.

Por otro lado, el 68,35% no sigue ninguna secuencia lógica (método B) y avanza en tareas eligiendo propiedades al azar, que no vuelve a repetir como conjunto en la siguiente tarea.

Por último, el 11,39% de los alumnos (método C) trabaja en las primeras tareas con el método B y luego recurre al A. Incluso algunos alternan B y A indistintamente.

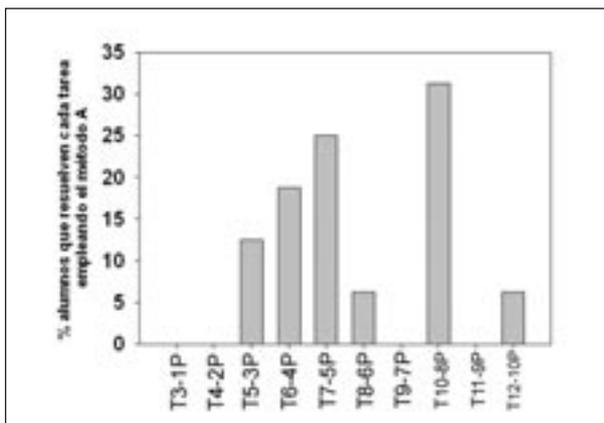
Estudiemos ahora cuál de los tres métodos utilizados

produce mejores clasificaciones. Para ello analicemos, en primer lugar, hasta qué tarea resuelven correctamente los alumnos que emplean cada método y posteriormente cuál es el número de botones que son capaces de incluir en el grupo.

Método A

La gráfica 8 muestra el tanto por ciento de alumnos que resuelve cada tarea por el método sistemático A. Para esta gráfica y las siguientes, la notación empleada en el eje de abscisas es tarea - número de propiedades comunes que implica dicha tarea. Así, por ejemplo, T6-4P hace referencia a que el criterio de clasificación para la tarea 6 es cuatro propiedades comunes.

Gráfica 8
Tanto por ciento de alumnos que resuelve cada tarea empleando el método A.



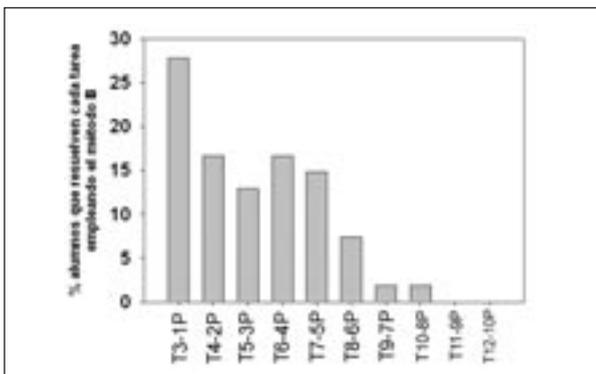
Se observa que este método de trabajo, donde todos los alumnos superan las T3 y T4, permite al alumno operar hasta con las diez propiedades propuestas (T12). Un 68,75% de los alumnos que trabaja de esta forma supera T7 (clasificaciones que atienden a botones con 5 o más propiedades comunes), un 31,25% llega hasta T10 (grupos con 8 propiedades comunes) y un 6,25% concluye con éxito T12 (clasificaciones con 10 propiedades).

De la gráfica de forma acampanada con un máximo para T10, se deduce que, si un alumno clasifica con este método, será muy probable que concluya con éxito con una clasificación que atiende a 8 propiedades.

Método B

La gráfica 9 muestra el tanto por ciento de alumnos que resuelve cada una de las tareas operando con un método B, que elige propiedades al azar y sin ninguna lógica.

Gráfica 9
Tanto por ciento de alumnos que resuelve cada tarea empleando el método B.



Este método, que es usado de forma mayoritaria (casi por el 70% de los alumnos), tiene, como desventajas respecto al método A, que no permite al alumno concluir las T11 y T12, y posibilita que el alumno acabe su clasificación hasta en T3. En otras palabras, el método B no permite clasificar atendiendo a más de 8 propiedades, pero sí posibilita concluir con una clasificación de botones con una única propiedad común.

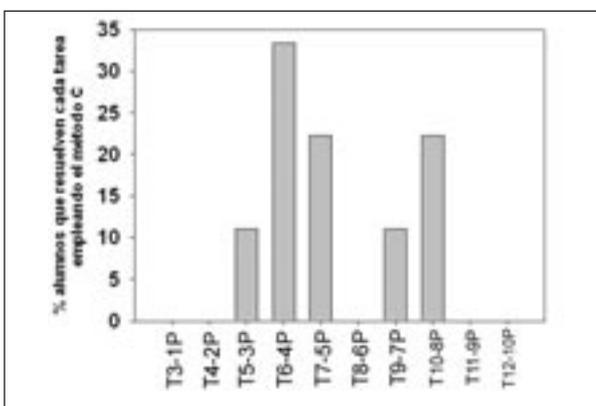
El 74,07% de los que usan este método no logra encontrar clasificaciones que atiendan a más de 4 propiedades en común porque no superan T6.

De la gráfica de forma descendente, se deduce que, si un alumno clasifica con este método, será muy probable que su clasificación acabe en T3 porque no será capaz de encontrar un cierto número de botones que posean más de 1 propiedad en común.

Método C

La gráfica 10 representa el tanto por ciento de alumnos que resuelve cada tarea haciendo uso de un método C, que combina los métodos A y B.

Gráfica 10
Tanto por ciento de alumnos que resuelve cada tarea empleando el método C.



La gráfica anterior muestra que este método, aunque no posibilita concluir las T11 y T12, sí permite superar con éxito T3 y T4. Esto significa que el método C no permite encontrar clasificaciones que atiendan a más de 8 propiedades, pero siempre el grupo de botones tendrá al menos 3 propiedades comunes. Si comparamos los métodos C y A observamos que el tanto por ciento de alumnos que resuelve las tareas que suponen 5 o más propiedades (T7 y sucesivas) es inferior en el método C (55,55%) que en A (68,75%). Respecto a los alumnos que resuelven con éxito T10 también el método A ofrece mejores porcentajes que C (31,25% frente a 22,22%).

De la gráfica de forma de campana con un máximo para T6, se deduce que, si un alumno clasifica con este método, será muy probable que concluya con un grupo de botones que poseen 4 propiedades comunes.

Por tanto, en cuanto a resultados, el método C es un método intermedio entre A y B.

En cuanto al número de propiedades comunes que el alumno es capaz de encontrar en su grupo de botones, se concluye que el mejor método de trabajo es A, seguido de C, siendo B el que produce peores resultados. Analicemos a continuación si el número de botones que compone cada grupo depende también del método empleado.

Número de botones en cada tarea según el método empleado

El número mínimo y máximo de botones que algún alumno ha sido capaz de englobar en un grupo según el método utilizado aparece recogido en la tabla VII.

El dato correspondiente a la clasificación de una tarea a la que solamente ha llegado un único alumno aparece recogido en la columna correspondiente de número máximo de botones.

Los métodos A y C permiten realizar, hasta T7, clasificaciones que contienen entre 2 y al menos 5 botones. Sin embargo, el método B no asegura hasta dicha tarea que el mínimo de botones en el grupo sea 2.

La utilización de los tres métodos asegura clasificaciones cuyo máximo número de botones será al menos 5, incluso operando con hasta 10 propiedades (T12) en el método A, con 8 propiedades (T10) en el método B y con 5 propiedades (T7) en el método C. La tabla muestra que los resultados por el método B para T7 y sucesivas, en cuanto al número de elementos que engloba el grupo, son peores que por el método A.

Destacables son los resultados del alumno B04, que logra una clasificación de 5 botones atendiendo a sus 10 propiedades descritas. Su éxito se debe a que usa un método A modificado, que consiste en matizar alguna propiedad para no excluir a algún botón del grupo. Así, en T4 usa «4 agujeros», propiedad que cambia en sucesivas tareas por «con agujeros»; o en T6 incluye «diámetro menor de 21 mm», que sustituye a partir de T9 por «diámetro comprendido entre 15 y 21 mm».

Lógicamente en los tres métodos, al avanzar en tareas, el número de botones del grupo se va reduciendo, en mayor grado si el método utilizado es B o C, aunque hay excepciones. Sólo aquellos que operan con el método A obtienen una clasificación que engloba un elevado número de propiedades y de botones.

Tabla VII
Mínimo y máximo de botones que el alumno es capaz de englobar en un grupo para cada tarea, en función del método empleado en su clasificación.

TAREA	Número mínimo de botones del grupo			Número máximo de botones del grupo		
	MÉT. A	MÉT. B	MÉT. C	MÉT. A	MÉT. B	MÉT. C
T3 - 1P	--	5	--	--	10	--
T4 - 2P	--	1	--	--	8	--
T5 - 3P	3	1	--	5	8	10
T6 - 4P	3	1	2	5	9	5
T7 - 5P	2	2	2	8	6	5
T8 - 6P	--	2	--	5	5	--
T9 - 7P	--	--	--	--	5	3
T10 - 8P	1	--	1	6	5	8
T11 - 9P	--	--	--	--	--	--
T12 - 10P	--	--	--	5	--	--

CONCLUSIONES

En este TP se han estudiado las principales dificultades y errores conceptuales que encuentran los alumnos de 13-14 años al describir y clasificar botones.

Del análisis de los resultados de las actividades de descripción se concluye lo siguiente:

La mayoría de los alumnos no encuentra dificultad en encontrar 9 o 10 propiedades para describir el objeto, siendo las más utilizadas las que hacen referencia a aspectos visuales y cualitativos: color, número de agujeros, material y forma. Sólo un 7,5% describe con precisión de forma cuantitativa. Ningún alumno propone el término «masa» y aquéllos que la utilizan la denominan «peso». El 43% intuye el concepto de *volumen* pero lo denomina «tamaño», describiéndolo como pequeño, mediano o grande. Además, describen forma cilíndrica sólo si la altura del botón es mucho mayor que su base, la cual algunos confunden de forma llamando cuadrada a bases octogonales, por ejemplo. La mayoría olvida que el botón es tridimensional y describe su forma vista desde un plano. Muy pocos alumnos matizan propiedades. Utilizan de forma incorrecta los términos «anchura», «largo», «longitud», «medida», «tamaño», «diámetro», «radio», «altura» y «grosor», así como los instrumentos de medida y sus unidades.

Del análisis de los resultados de las actividades de clasificación se concluye lo siguiente:

Encuentran dificultad al manejar más de 5 variables a la vez. Un 38% encuentra una propiedad común a todos sus botones. Al clasificar atendiendo a 2 propiedades simultáneamente existe una alta probabilidad de encontrar grupos con al menos 6 botones. El 67,3% no encuentra más de 5 botones con 3 propiedades comunes. Al aumentar el número de propiedades para clasificar, los grupos son más reducidos. Se han detectado tres métodos de trabajo al clasificar: un método sistemático (A), otro al azar (B) y un tercero, combinado (A + B). Los resultados muestran que el mejor método es A al permitir clasificar en un intervalo de 3 a 10 propiedades, siendo muy probable concluir al menos con un grupo de botones que tiene 8 propiedades comunes. El método C imposibilita clasificar con más de 8 propiedades, permitiendo un mínimo de 3 propiedades comunes. El peor método, el B, no permite clasificar con más de 8 propiedades y posibilita acabar con un grupo con una única propiedad común. Los tres métodos aseguran un mínimo de 5 botones en el grupo, hasta trabajando con 10 propiedades en el método A, con 8 propiedades en el método B y con 5 propiedades en el método C.

En resumen, se han detectado multitud de errores conceptuales importantes, no esperables ya en este nivel, en conceptos fundamentales en el área de ciencias, por lo que los resultados de nuestra investigación indican que debemos tomar conciencia de la importancia de los procesos científicos de descripción y clasificación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOUD, D., DUNN, J., KENNEDY, T. y THORLEY, R. (1980). The aims of science laboratory courses: a survey of students, graduate and practising scientists. *European Journal of Science Education*, 2, pp. 415-428.
- CAAMAÑO, A., CARRASCOSA, I. y OÑORBE, A. (1994). Los trabajos prácticos en las ciencias experimentales. *Alambique*, 2, pp. 4-5.
- COOPER, H.L. (1982). *National Button Bulletin Index 1942-1981*. York, PA: Colonial Button Club.
- DONN, S. (1989). *Epistemological issues in science education*. Reunión anual de National Association for Research in Science Teaching. San Francisco, CA.
- FRIEDLER, Y. y TAMIR, P. (1986). Teaching basic concepts of scientific research to high school students. *Journal of Biological Education*, 5, pp. 263-269.
- FIELDS, P. (1994). *National Button Bulletin Index 1982-1993*. Seattle, WA: Washington State Button Society.
- GIL PÉREZ, D. (1981). Por unos trabajos prácticos realmente significativos. *Revista de Bachillerato*, 17(7), pp. 54.
- GIL PÉREZ, D. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), pp. 111-121.
- HODSON, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 70(256), pp. 33-40.
- HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), pp. 299-313.
- HODSON, D. (1996). Practical work in school science: exploring some directions for change. *International Journal of Science Education*, 18(7), pp. 755-760.
- HOFSTEIN, A. y LUNETTA, V.N. (1982). The role of laboratory in science education part II. *The Science School Review*, 52, pp. 201-217.
- JOHNSON, D.F. (1948). *Uniform Buttons: American Armed Forces, 1784-1948*. Watkins Glen, Nueva York: Century House.
- KIRSCHNER, P., MEESTER, M., MIDDELBEEK, E. y HERMANS, H. (1993). Agreement between student expectations, experiences and actual objectives of practices in the natural sciences at the Open University of the Netherlands. *International Journal of Science Education*, 15(2), pp. 175-197.
- NICHOLLS, F.Z.E. (1943-45) *Button Hand Book: Comparative Values*. Nueva York: New Leaf Pub.
- NOVAK, J. D. (1977). *A theory of education*. Cornell: Cornell University Press.
- PAYÁ PERIS, J. (1991). «Los trabajos prácticos en la enseñanza de la física y química: un análisis crítico y una propuesta fundamentada». Tesis doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Valencia.
- SALINAS DE SANDOVAL, J. (1994). «Las prácticas de física básica en laboratorios universitarios». Tesis doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Valencia.
- TAMIR, P. (1977). How are the laboratories used? *Journal of Research in Science Teaching*, 14, pp. 311-316.
- TAMIR, P. y LUNETTA, V. I. (1978). An analysis of laboratory activities in the BSCS. Yellow Version. *The American Biology Teacher*, 40, pp. 353-357.
- TAMIR, P. y GARCÍA ROVIRA, M. (1992). Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de texto de ciencias utilizados en Cataluña. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), pp. 3-12.
- TAYLOR, S.J. y BOGDAN, R. (1986). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados*. Buenos Aires: Paidós.
- TOBIN, K. (1986). Secondary science laboratory activities. *European Journal of Science Education*, 8, pp. 199-211.
- WHITE, R.T. (1979). Relevance of practical work to the comprehension of physics. *Physics Education*, 14, pp. 384-387.
- WHITTMORE, J. (1997). *The Book of Buttons: A Practical and creative guide to the decorative use of buttons*. Nueva York: Dorling Kindersley Publishing.

[Artículo recibido en julio de 2004 y aceptado en diciembre de 2004]

ANEXO I

Descripción y clasificación de botones

Tarea 1. En una cartulina construye una tabla con varias columnas. En la primera columna pega o cose 10 botones. Describe cada botón con el mayor detalle posible, indicando cada propiedad del mismo en una columna. Realiza tantas columnas como sea necesario.

Tarea 2. Si quieres cuantificar una propiedad concreta, diseña una experiencia sencilla de laboratorio indicando al profesor cómo vas a realizarla y el material de laboratorio que necesitas.

Tarea 3. Imagina que has conseguido tu primer trabajo en una tienda de botones y que tu primera tarea es ordenar una serie de botones atendiendo a propiedades similares para meterlos en diferentes cajitas. Observa de nuevo tus 10 botones y realiza un grupo que contenga el mayor número de botones posibles pero que todos tengan una única propiedad en común. Indica cuál es dicha propiedad y qué botones incluyes en ese grupo.

Tarea 4. Realiza ahora otro grupo de botones, pero ahora todos tienen en común 2 propiedades a la vez. Indica cuáles son dichas propiedades y qué botones incluyes en ese grupo. Puedes repetir, si quieres, la propiedad que utilizaste en la tarea anterior.

Tarea 5. Realiza ahora un nuevo grupo de botones, pero ahora todos tienen en común 3 propiedades a la vez. Indica cuáles son dichas propiedades y qué botones incluyes en ese grupo. Puedes repetir, si quieres, las propiedades que utilizaste en la tarea anterior.

Tarea 6. Ídem pero con 4 propiedades comunes.

Tarea 7. Ídem pero con 5 propiedades comunes.

Tarea 8. Sigue añadiendo propiedades hasta que puedas.

ANEXO II

Ejemplo de la descripción de botones (T1) correspondiente al alumno A02

BOTONES	COLOR	FORMA	MATERIAL	CANTIDAD DE OJOS PARA QUE PASE	PESO	DIÁMETRO	ASIDEROS	TAMAÑO	MARCA	TIEMPO EN QUE VARDEN EN OJOS A LOS ALUMNOS DE 8 AÑOS
1	MORADO	REDONDA	PLÁSTICO	4	575 mg	2,8 cm	4	GRANDE	B.T.S.	1,81 s
2	VERDE Y TRAFALGATE	REDONDA	PLÁSTICO	5	650 mg	2 cm	2	GRANDE	LEVI	1,13 s
3	BLANCO	REDONDA	PLÁSTICO	4	600 mg	2,9 cm	2	GRANDE	MORYS	1,51 s
4	VIOLETA	REDONDA	PLÁSTICO	4	575 mg	2,8 cm	2	GRANDE	LEVIS	1,34 s
5	ROJO	REDONDA	PLÁSTICO	5	350 mg	2 cm	2	GRANDE	NEW ORLO	1,34 s
6	NARANJA	REDONDA	PLÁSTICO	2	150 mg	1,2 cm	2	PEQUEÑO	KIKSILVER	1,27 s
7	NEGRO DESADO	REDONDA	PLÁSTICO	4	600 mg	2,8 cm	2	GRANDE	LEVIS	1,20 s
8	GRIS	REDONDA	PLÁSTICO	5	800 mg	1,8 cm	2	GRANDE	LEVIS	1,40 s
9	VERDE	REDONDA	PLÁSTICO	3	300 mg	1,4 cm	2	MEDIANO	KIKSILVER	1,81 s
10	ROJO REDONDA	REDONDA	PLÁSTICO	4	650 mg	1,8 cm	2	GRANDE	LEVIS	1,33 s

ANEXO III

Ejemplo de la clasificación de botones (T3 A T10) correspondiente al alumno A02

	Propiedades	Botones	Total botones
T3 (1 pr.)	Forma redonda	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	10
T4 (2 pr.)	Ídem T3 y material plástico	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	10
T5 (3 pr.)	Ídem T4 y 2 agujeros	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	9
T6 (4 pr.)	Ídem T5 y tamaño grande	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10	8
T7 (5 pr.)	Ídem T6 y 4 cucharadas de sal para que flote	1, 3, 4, 7, 10	5
T8 (6 pr.)	Ídem T7 y diámetro 1,8 cm.	1, 4, 7, 10	4
T9 (7 pr.)	Ídem T8 y marca Levis	4, 10	2
T10 (8 pr.)	Ídem T9 y color violeta	4	1