

# LA CULTURA CIENTÍFICA EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL LABORATORIO

REIGOSA CASTRO, CARLOS EMILIO<sup>1</sup> y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, MARÍA PILAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> IES Pontenova. Lugo.

<sup>2</sup> Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais. Universidade de Santiago de Compostela.

---

## SUMMARY

In this paper, a case study in 2<sup>nd</sup> of BUP (10<sup>th</sup> grade) is discussed. Students are asked to solve an open-ended practical activity in Physics which involves the planning of an experimental design and taking a number of decisions in the process. The analysis of transcriptions in two small groups shows some of the difficulties which they experience, as well as their understanding of the roles assigned in the classroom.

---

## INTRODUCCIÓN: PROBLEMAS CONTEX- TUALIZADOS Y DESARROLLO DE LA CULTURA CIENTÍFICA

Las actividades prácticas habituales en la enseñanza de las ciencias han sido criticadas desde hace tiempo (Gil, 1981), ya que sus resultados no son satisfactorios. Hodson (1994) ha analizado hasta qué punto se cumplen los objetivos que se plantean con ellas, en particular aumentar la motivación, enseñar técnicas de laboratorio, desarrollar una visión aceptable de la naturaleza de la actividad científica, mejorar el aprendizaje de los conocimientos científicos y promover determinadas «actitudes científicas», mostrando el bajísimo logro de los mismos.

Una de las alternativas propuestas para modificar las actividades prácticas es plantearlas como problemas a resolver (Gil, 1982) más que como ilustración de teorías. La resolución de problemas así entendida es una de las formas de aprender, una estrategia de enseñanza y no un

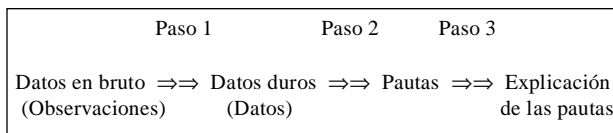
simple ejercicio de aplicación de una teoría (Gil y Martínez Torregrosa, 1983). Gil y Torregrosa proponen convertir los problemas-ejercicio habituales en problemas abiertos que requieran el análisis cualitativo de una situación.

Otro aspecto a tener en cuenta de la resolución de problemas es su papel en lo que Hodson (1994) llama el desarrollo de una visión más completa de la ciencia y que en otros trabajos se denomina participación en la práctica científica (McGinn y Roth, 1999) o en la cultura científica (Jiménez, Díaz y Duschl, 1998) por parte de los estudiantes. La participación en la cultura científica resolviendo problemas en pequeños grupos refleja el carácter social de la ciencia. La imagen de la ciencia como disciplina independiente del resto de la sociedad, cuyo único objetivo es comprender el mundo, es incom-

pleta, y la imagen del científico como genio individual, inadecuada. La perspectiva de la construcción social de la ciencia ha guiado estudios sociológicos de la actividad científica, como el de Latour y Woolgar (1995), quienes analizan el día a día de la actividad científica en un laboratorio de biología, caracterizando esta práctica como un intento de poner orden en un conjunto desordenado de observaciones. Hay diferentes operaciones encaminadas a crear orden, entre ellas la construcción y destrucción de «hechos científicos» en las discusiones, la forma en que un enunciado que comienza siendo hipotético pasa a no ser puesto en duda (o a verse degradado al estatus de artefacto); otras son el registro de datos y la escritura, o la producción de artículos, que, según Latour y Woolgar, parece ser uno de los fines de la práctica científica. El análisis de las clases de ciencias pone de manifiesto que algunas de estas operaciones también son efectuadas por los estudiantes cuando resuelven problemas (Jiménez, Díaz y Duschl, 1998).

Un interesante modelo de los procesos que tienen lugar en la construcción del conocimiento científico es el de Duschl y Erduran (1996), quienes proponen un camino (Fig. 1) que va: *a*) en primer lugar, del conjunto de los datos en bruto a los datos «duros», que son aquéllos a los que se presta atención en la investigación; este paso también podría indicarse como el paso de observaciones a datos; *b*) en segundo lugar, de los datos duros o seleccionados a las pautas que se percibe en ellos (o de datos a pautas); es decir, en qué forma se relacionan, si pueden deducirse relaciones causales, etc.; *c*) en tercer lugar, de las pautas a las teorías que pueden explicar la existencia de estas pautas. En este proceso todos los pasos son importantes y cada uno de ellos conlleva una elección: en el paso primero tanto sobre de qué manera adquirir los datos como sobre en qué fuente o en cuáles fijarse; en el paso segundo en torno a la selección de las pautas, regularidades o relaciones que merecen una explicación, y en el paso tercero sobre elegir una interpretación que explique las pautas.

Figura 1  
El modelo de Duschl y Erduran (1996).



Por otra parte, si la ciencia es un fenómeno social, también el aprendizaje tiene un componente de ese tipo. El conocimiento pertenece a los grupos, formados por los individuos concretos. Así, el desarrollo de los procesos psicológicos superiores, aquéllos que diferencian al ser humano de algunos animales avanzados, puede verse como una interiorización de elementos culturales, a través de un proceso mediado socialmente (Vygotski, 1979), en el que el lenguaje juega un papel vital. La sustancia de cognición es social y los objetos culturales son construidos continuamente, sobre todo con el diálo-

go (Kelly y Crawford, 1997). Para estos autores, algunas teorías cognitivas de la psicología dejan de lado la importancia de las interacciones sociales en la construcción de contextos de aprendizaje, siendo necesario abarcar la naturaleza social del conocimiento y *de la cognición*. En un contexto de aprendizaje, el lenguaje debe ser compartido y debe permitir a los participantes implicarse en las actividades (Tobin, McRobbie y Anderson, 1997). Es relevante, de cara a la naturaleza social del aprendizaje, la idea de cognición situada (Brown, Collins y Duguid 1989), que considera que el conocimiento es un producto de la actividad, el contexto y la cultura en que se usa, y que está situado en ellos. Brown, Collins y Duguid (1989) proponen enmarcar el aprendizaje en la actividad y hacer un uso deliberado del contexto social y físico. Los alumnos deben implicarse en actividades auténticas, propias de cada área, en el caso de la enseñanza de las ciencias pertenecientes a la cultura de la comunidad científica. Estos investigadores diferencian entre actividades auténticas y actividades escolares. Las actividades auténticas de un dominio, por ejemplo, el científico, están situadas en su cultura y han sido construidas a través de negociaciones entre sus miembros. Estos autores consideran el aprendizaje un proceso de *enculturación*, que se logra mediante la implicación progresiva en actividades auténticas, pero sucede que las actividades escolares arquetípicas no son tales, sino híbridos atribuidos a la cultura de la ciencia pero pertenecientes a la de la escuela, con lo que los estudiantes entienden mal las verdaderas prácticas auténticas.

¿Qué características deben tener los problemas propuestos en prácticas para corresponderse con la cultura científica? Según Roth y Roychoudhury (1993), el aprendizaje es más efectivo, el alumnado desarrolla destrezas de nivel más alto, llevando a cabo experiencias en contextos denominados auténticos, es decir, próximos al mundo real. Los problemas auténticos, que se discuten con más detalle en otro trabajo (Jiménez, 1998), se entienden como aquéllos que se sitúan en un contexto próximo al alumnado, son creíbles, y cuya solución no está definida de antemano, pudiendo no ser única. Algunas propuestas innovadoras basadas en este tipo de problemas ya han sido desarrolladas en el proyecto RODA de la Universidad de Santiago y usadas en aulas (Álvarez et al., 1997; Brañas et al., 1997, Jiménez, Pereiro y Aznar, 1998, Jiménez, Álvarez y Reigosa, 1998). La investigación llevada a cabo en situaciones educativas de ese tipo, y hecha en comparación con alumnos que ejecutaban tareas prácticas tradicionales (Jiménez, Díaz y Duschl, 1998), ha señalado que los alumnos, cuando trabajaban con problemas auténticos, mostraban en sus interacciones una mayor riqueza epistémica, presentando incluso ejemplos de «co-construcción» de datos, lo que significa (Latour y Woolgar, 1995) introducir orden en las observaciones, relacionándolas con el conocimiento de fondo. Además, los grupos que resolvían problemas auténticos se dedicaban a la tarea la mayor parte del tiempo.

Un escenario ideal para la resolución de problemas auténticos es el pequeño grupo. Estos contextos son idóneos para la socialización de los estudiantes, para

ayudarles a tomar conciencia del punto de vista de los demás, a aprender a negociar, a renunciar a sus propias posiciones o a demorar la satisfacción de sus intereses personales en beneficio de un objetivo colectivo (Solé, 1997). Según algunos estudios, los estudiantes que han recibido instrucción sobre estrategias de aprendizaje cooperativo usan mejor las explicaciones científicas apropiadas y usan más algunos esquemas verbales asociados a la discusión (Lonning, 1993). El pequeño grupo proporciona oportunidades para que los alumnos y alumnas construyan significados socialmente y desarrollen una comprensión conceptual más rica (Kelly, Druker y Chen, 1998).

Relacionada con la diferenciación entre la cultura científica (o de otro dominio) y la escolar está la llamada exhibición procedimental (*procedural display*) (Bloome, Puro y Theodorou, 1989), que pertenece específicamente a la cultura escolar. La exhibición procedimental es la representación de un rol, tanto por los profesores como por los alumnos, basado en cumplir adecuadamente cómo llevar a cabo una lección, exhibiendo para ello conjuntos de procedimientos interaccionales y académicos adecuados. Así, se puede llevar a cabo una lección que no implique necesariamente construcción de conocimientos, siempre que se construya un suceso con el significado cultural de lección. Se han hecho investigaciones en las que se han observado alumnos que llevaban a cabo acciones que «contaban» como comportamiento adecuado pero que implicaban poco en términos de conocimientos (Jiménez y Díaz, 1997). Una distinción semejante es la que Habermas (1987) establece entre acción dramaturgica, en la que los participantes en una interacción constituyen un público mutuo regulando el acceso recíproco a la subjetividad, y acción comunicativa, orientada al entendimiento e interpretación mutuos, mediante la generación argumentativa de un consenso. Puede ser que en las actividades escolares arquetípicas haya más acción dramaturgica que comunicativa.

En este trabajo presentamos un estudio de caso sobre alumnado de secundaria realizando una actividad práctica basada en la resolución de un problema auténtico, con la idea de ver cómo se enfrentan a actividades de inmersión en la cultura y la práctica científica. Los problemas estudiados son:

- Qué estrategias usan en la construcción de conocimiento mediante el discurso y otras acciones.
- Qué dificultades experimentan en ese proceso.
- En concreto, nos interesa explorar cómo se manifiestan en sus actividades la cultura científica, relacionada con la verdadera construcción de conocimiento científico, y la cultura escolar, referente a la exhibición de un comportamiento estereotipado supe-  
stamente correcto.

Este artículo es parte de un trabajo más amplio (Reigosa, 1998), en el que se analizan tanto razonamiento y argumentación como interacciones durante la resolución de un problema de física en el laboratorio.

## METODOLOGÍA: CONTEXTO Y PARTICIPANTES

El estudio se realizó en enero de 1998 en un instituto de bachillerato público urbano de Lugo, con alumnos de 2º de BUP con su profesor de física y química (el primer autor de este trabajo). En el momento de realizar esta actividad práctica, concebida en forma de problema auténtico, los alumnos habían recibido instrucción sobre cinemática y dinámica, aunque no se había tratado la ley de Hooke, relevante de cara a la tarea. Anteriormente, ya habían realizado otra actividad basada en la resolución de un problema auténtico.

Cuando decimos que un problema de este tipo es auténtico, no es tanto porque los alumnos vayan a vivirlo como experiencia, sino porque su contexto es el de la vida real. Por el contrario, un problema estereotipado sobre la misma cuestión sería, por ejemplo: «Comprueba si la relación entre fuerza aplicada y estiramiento en estos resortes cumple o no la ley de Hooke.»

Los participantes que llevaron a cabo la experiencia fueron los alumnos de una clase de horario nocturno. Los estudiantes se dividieron en dos grupos de cinco cada uno: grupo 1 y grupo 2. Sus componentes eran de edad superior a la de los grupos habituales de 2º de BUP, siendo la media de 29 años en el grupo 1 (entre 17 y 53) y de 18,5 en el grupo 2 (de 17 a 21). Todos los nombres que aparecen en este trabajo son seudónimos. Para la realización de la experiencia dispusieron de cuatro clases (las dos últimas seguidas en una sola sesión).

Como problema se planteó la situación de un explorador que quería medir la masa de pequeñas piedras sin llevar una balanza en el equipaje, porque le ocupaba mucho, para lo que se proponía usar algún tipo de resorte, como un muelle o una goma (ver en el apéndice el guión suministrado a los alumnos). Lo que se pedía era que escribieran un informe para el explorador sobre la posibilidad de la medida de la masa con un resorte. Para ello disponían de material con el que podían realizar el montaje y comparar los muelles y gomas con la balanza, aunque no se les daban instrucciones sobre ello, dejando la actividad abierta. Entre el material se les proporcionaron resortes que exhibían un comportamiento lineal al estirarse bajo el peso de las masas proporcionadas, y otros de tipo no lineal, con el objetivo de que vieran las distintas posibilidades y juzgaran entre ellas, lo cual implicaba la construcción grupal discursiva de un criterio a la vista del objetivo de la actividad.

En la recogida de datos se dispuso, para cada grupo, de una cámara de vídeo y de un magnetófono con micrófono externo. Las cámaras se pusieron a suficiente distancia para que abarcaran a todos los miembros. El primer autor transcribió inicialmente las grabaciones de audio sin usar las de vídeo (ya que reconoce las voces de los participantes). Se intentó alcanzar la mayor fidelidad posible en este proceso, para lo cual hubo fragmentos escuchados más de diez veces. A continuación se vio el vídeo, apuntando, sobre las transcripciones, las acciones físicas de los participantes.

Una vez hecho esto, se usó un proceso iterativo de análisis, en el cual, usando la terminología de Latour y Woolgar (1995), se intentó poner orden en el conjunto de observaciones que componen las transcripciones «en bruto». Se revisaron repetidas veces las transcripciones, identificándose en ellas todos los eventos que, a los ojos del primer autor, tenían interés. Los eventos considerados de interés eran aquellas acciones, sucesos, frases, etc. que mostraban algún tipo de relevancia educativa (por pequeña que fuera) o que servían para, de alguna forma, comprender el comportamiento de los participantes. Más concretamente, el criterio para considerar objeto de análisis determinados eventos ha sido su relación con la producción y circulación de conocimientos o con la realización de la tarea. Sin embargo, no se ha considerado de interés analizar otros, como «levantarse para pedir un bolígrafo a un compañero», o preguntas como «qué hora es», o comentarios sobre aspectos de la vida escolar ajenos a la clase, o exámenes de otras asignaturas, etc.

A continuación, estos eventos se agruparon en tipos distintos, siendo estos tipos etiquetas que podían englobar sucesos concretos con algún denominador común o que, simplemente, ocurrían repetidas veces. Para el grupo 1, se usaron 60 etiquetas, algunas de las cuales fueron: «las alumnas enuncian el objetivo», «el profesor elude dar instrucciones concretas», «Pilar copia datos», etc. Para el grupo 2, se usaron 48 etiquetas. Cabe señalar que estos eventos-tipo hubieran podido ser otro conjunto distinto capaz de dar cuenta de todos los acontecimientos concretos considerados de interés. Finalmente se buscó una interpretación global para cada grupo que abarcara todos los tipos de evento, creando categorías, revisándolas y reagrupándolas, proceso en el que participaron ambos autores. Después, las interpretaciones respecto a los dos grupos se fundieron en una, lo que implicó una nueva revisión de las categorías usadas. Esta interpretación fue refinada mediante sucesivas negociaciones entre los autores.

Nuestra investigación pretende tener una orientación etnometodológica dirigida a las aulas escolares para analizar cómo es su práctica diaria, y con la pretensión de comprender mejor los procesos de realización de los trabajos prácticos.

**RESULTADOS: MANIFESTACIONES DE LAS CULTURAS CIENTÍFICA Y ESCOLAR**

Presentamos aquí únicamente las categorías que se refieren a lo que hemos considerado como manifestaciones de las culturas científica y escolar. Otros aspectos, como el análisis de la argumentación, pueden encontrarse en el trabajo completo (Reigosa, 1998).

**Cultura científica**

En este apartado analizaremos aspectos relacionados con las estrategias de construcción de conocimiento

científico usadas por los participantes. Para ello asumimos que la indagación científica es un proceso iterativo de movimiento adelante y atrás entre pruebas y explicaciones hasta que la comunidad alcanza una opinión de consenso (Duschl y Erduran, 1996; Duschl, 1998). Como señalamos en la introducción, estos autores distinguen tres pasos en el trabajo científico: *a)* de observaciones a datos; *b)* de datos a pautas; y *c)* de pautas a explicaciones. Nosotros, por nuestra parte, aquí construimos nuestros datos, pautas y explicaciones en torno al análisis de cómo lo hacen los estudiantes.

*Identificación del problema y construcción de datos*

El objetivo explícito de la tarea (Apéndice) era comprobar si es posible medir masas con muelles y gomas. Para ello era necesario comparar las masas medidas mediante la balanza con las medidas de los resortes. El problema a resolver con el montaje era cómo medir las masas con los resortes. Los componentes del grupo 2 lo identificaron rápidamente:

**GRUPO 2. SESIÓN 1**

125. *Profesor:* ¿Por qué medís la masa de la bola?

126. *Juan:* Para comprobarla después con el muelle, digo yo. O con la goma.

128. *Juan:* (Mostrándole el muelle a los demás del grupo.) Se trata de saber cómo se mide con éste.

Pero su solución les resultó complicada. Construyeron un dispositivo que representamos en la figura 2 y decidieron colgar de ellos pesas de masa conocida (Fig. 3), e inicialmente midieron estiramientos, controlando la longitud inicial del muelle.

Figura 2  
Montaje experimental realizado por el grupo 2.

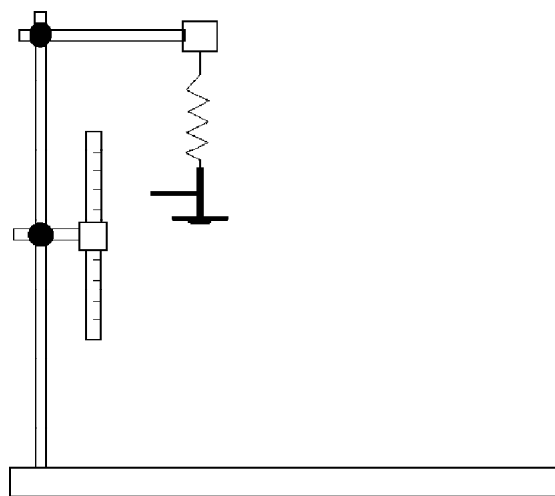
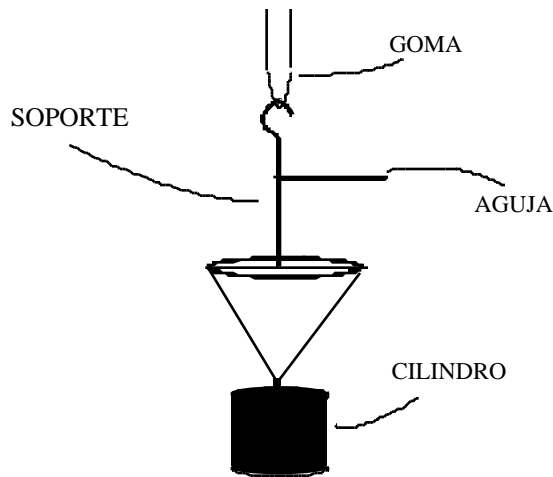


Figura 3  
El cilindro colgado por Juan.



GRUPO 2. SESIÓN 1

139. *Luís*: ¿Oíste, Juan? Lo colgamos aquí, del aparato este.

141. *Juan*: Espera. Primero hay que medir la longitud del muelle.

En cuanto a la construcción de datos, Juan estableció una norma, consistente en fijarse en lo que se estira el resorte. Pero, a medida que pasó el tiempo, pasaron a trabajar con las posiciones que marca en la regla la aguja con que va equipada el soporte de las pesas, olvidándose de medir la posición anterior para restarla de la final y calcular así estiramientos. Ello quizás se deba a que no encontraron una razón inmediata para trabajar con estiramientos en vez de con posiciones de la aguja. En la tercera sesión, decidieron colgar un cilindro del resorte, y, debido a que estaban trabajando con posiciones de la aguja, Juan se vio obligado a colgarlo de una forma incómoda (Fig. 3). La posición de la aguja es una magnitud física poco descontextualizable de las contingencias de la situación en que se mide y con menor capacidad de trascender dicha situación que el estiramiento, ya que depende de la posición de la regla y de las pinzas del montaje. Interpretamos esta elección como un ejemplo de construcción de datos, en el cual, de diferentes formatos posibles (posiciones de la aguja o estiramientos), los alumnos eligieron uno. Los alumnos, al construir esos datos, optaron por el formato que resultaba más cómodo, ya que inicialmente no vieron ninguna ventaja en el otro. Esto es normal, porque es imposible saber *a priori* la forma óptima de tomar los datos, dado que no es única ni está cerrada, sino que está en continua evolución en la búsqueda de formatos más eficaces en función del contexto. En nuestra opinión, es importante hacer ver a los alumnos que no hay una única forma posible de construir datos.

Por otra parte, la identificación del problema implicaba la comprensión de que es posible utilizar la estrategia de medir magnitudes a partir de otras, pero esta comprensión de la medida indirecta no es una cuestión obvia ni trivial.

GRUPO 1. SESIÓN 1

697. *Profesor*: ¿Se podrán medir masas con muelles?

698. *Juana*: No.

699. *Profesor*: ¿Por qué no?

700. *Juana*: Porque no.

701. *Profesor*: Porque no, no. ¿Por qué no?

702. *Juana*: Porque... Porque las masas se miden en... en... balanzas. ¡Yo qué sé, hombre!

703 (Pausa larga)

704. *Juana*: Porque no es normal.

El problema es que esta alumna no se plantea que sea posible medir masas indirectamente a partir de longitudes, idea compartida por otras personas del grupo. Esto dificulta abordar el problema, aunque en la 2a. sesión, Juana dice que el muelle no sirve porque, cuanto más pongamos en él, más se estirará.

GRUPO 1. SESIÓN 1

150. *Profesor*: Tenéis que... decidirlo. ¿Por qué no vale?

151. *Juana*: Porque... es que cuanto más pese... más se estira... el muelle. (Estira en repetidas ocasiones el muelle.)

Ésta es, precisamente, la razón de que el muelle sí sirva. Se pone en evidencia la falta de familiaridad con la idea de medir una magnitud indirectamente a partir de otra. Este obstáculo limitó bastante su trabajo.

*Búsqueda de pautas*

Los miembros del grupo 2 fueron colgando pesas de masa conocida del resorte, observando un aumento en la posición de la aguja de 0,1 cm por cada 10 g; pero hubo un momento en que esta regularidad dejó de cumplirse.

GRUPO 2. SESIÓN 1

445. *Luís*: (Mirando el resorte.) Yo veo quince con siete.

446. (Juan se incorpora de su asiento y mira con atención prolongadamente.)

452. *Juan*: Entonces, ¿por qué se desfasa esto?

453. *Luís*: Ni idea, chaval.

Esto se debe a que la relación lineal peso-estiramiento sólo se cumple en un intervalo determinado para cada

resorte. Esto les sorprendió; en ese momento, los datos pasaron a estar desordenados para ellos. Acto seguido, Juan intentó poner en juego para ordenarlos un recurso bajo su dominio: las progresiones, pero sin éxito. Tras unos momentos de zozobra, decidieron poner los datos en una tabla, lo cual permitió soslayar cualquier anomalía, aun a costa de reducir la actividad a un mero inventario de datos. Ésta es quizás la única salida si no se consigue aplicar una metodología que introduzca el orden deseado en las observaciones. Esta posibilidad de dejar en el olvido por el momento una anomalía ya ha sido mencionada por Chinn y Brewer (1993) en lo que se refiere a confrontar datos con teorías. Los alumnos, en este caso, no fueron capaces de construir la pauta.

Situaciones similares a la anterior se produjeron dos veces en la tercera sesión, con idéntico resultado. En la búsqueda de pautas, los alumnos se vieron limitados por sus escasos recursos científico-técnicos, ya que probablemente una de las pocas pautas que eran capaces de buscar sea la aquí mencionada: estiramiento regular a masas iguales.

*Elaboración de conclusiones*

En la última sesión, Juan colgó del resorte un cilindro (que era uno de los objetos considerados «problema» y presentados como de masa similar a la de las piedras que podía encontrar el explorador mencionado en el guión), cuya masa era de 126,7 g, y decidió comparar ese estiramiento con el sufrido al colgar pesas de masa conocida de 120 y 130 g, obteniendo los resultados de la tabla I.

Tabla I  
Datos en los que Juan basó sus conclusiones.

| m (g)            | l (cm)                                       |
|------------------|--|
| 120              | 17,2   |
| 130              | 17,4   |
| 126,7 (cilindro) | 17,3 (pero, según Juan, «se pasaba un poco») |

Esos datos le permitieron concluir que el método de medir masa con un resorte era aceptable.

**GRUPO 2. SESIÓN 3**

779. *Juan*: ¿Cuánto dijimos que daba con ciento veinte?... Diecisiete con dos... Con ciento treinta, diecisiete con... cuatro. Diecisiete con tres... pero se pasaba, se pasa un poco. O sea, que está bien.

Esta conclusión fue presentada así más adelante al profesor. La conclusión de Juan podría interpretarse como

«el resorte se estira con el cilindro lo que debería». Este grupo cumplió con éxito el objetivo enunciado explícitamente, pero no estableció una relación final cuantitativa entre lo que medían directamente (posición o estiramiento) y lo que se quería medir indirectamente (la masa). El profesor insistió en que lo hicieran, pero sin éxito, ante lo cual finalmente les dio instrucciones, usando unas reglas de tres, procedimiento que aceptaron como perfectamente válido y racional. Aunque después vieron inteligible y aplicable el determinar una magnitud física (la masa) indirectamente a partir de la medida directa de otra (el estiramiento o posición), usando la regla de tres como método de interpolación, no lo hicieron por sí solos, seguramente por la no-familiaridad con esa metodología. Si, siguiendo a McGinn y otros (1995), definimos *recurso* como «lo que se necesita», en términos de materiales o ideas, para realizar las prácticas, que son las acciones que se llevan a cabo, podemos interpretar la actividad de este grupo 2 diciendo que no llegaron a establecer una relación cuantitativa masa-estiramiento debido a que no dominaban la práctica consistente en determinar una magnitud física a partir de la medida de otra, quizás por no tener hábito en la aplicación de un recurso adecuado para la interpolación entre las magnitudes medidas. Parece clave analizar qué prácticas y recursos dominan los alumnos y cuáles son necesarios para las tareas que se les encomiendan.

Aunque el grupo llegó a una conclusión, no hubo una racionalización del comportamiento de los muelles. Eso es normal, puesto que la construcción de explicaciones se truncó en la búsqueda de pautas. De ahí que se centraran en el objetivo de una forma específica a cada resorte.

Un momento interesante se produjo con el grupo 1 en la 3a. sesión, cuando las alumnas concluyen que el muelle sirve si se cumple la ley de Hooke, y que no sirve si no la cumple, pero sin respaldar esta justificación, respaldo en el que el profesor insiste.

**GRUPO 1. SESIÓN 3**

1438. *Dolores*: Pues si no la cumple, ya está.

1441. *María*: Bueno, pues es el que el muelle no es lo que le hace falta para...

1443. *María*: ...si no se cumple es porque el muelle no vale como ba... como pes... como... mmm...

1445. *María*: ...como balanza... como, ¿cómo se dice? Bueno, eso.

1448. *Juana*: Si no se cumple esto, no vale el...

1449. *Profesor*: ¿Y por qué? Ésa es la pregunta.

Finalmente, tiene que ser el profesor el que proporcione el conocimiento básico que respalda la justificación: la ley de Hooke presupone la existencia de una *k* estable, cuya ausencia hace imposible el uso de dicha ley para

relacionar masa y estiramiento. Además, el profesor solicita que las alumnas expongan esta información con sus propias palabras:

### GRUPO 1. SESIÓN 3

1488. *Profesor:* Bueno, pues ahora explicádmelo.

1489. *María:* Pero no se cumple.

1490. *Juana:* Pues vamos a ver.

1491. *María:* ¿Por qué tenemos que explicar algo que ya... que no nos da?

1492. *Juana:* (Al mismo tiempo.) Coge unas piedras y no tiene una *ka* constante, porque una le da veinte, otra le da trescientos. No tiene una *ka* constante...

1493. *Profesor:* Bien.

1494. *Juana:* ...entonces, no puede hallar la fuerza.

1495. *Profesor:* Bien. Vale.

1496. *Juana:* Y, entonces, no le sirve ni la goma ni el muelle.

Dicho de otra forma, el profesor tuvo que guiar de cerca el proceso de construcción de un respaldo en el conocimiento básico. En la cultura escolar no existe un hábito de justificar por qué se hace algo, por qué se dan unos pasos, por qué se llega a una conclusión determinada. No hay costumbre de explicar para los demás, aspecto imprescindible para lograr una eficaz colaboración en el grupo.

### Cultura escolar

En este apartado discutimos determinadas acciones de los participantes que no parecían tener relación con la construcción de conocimiento científico. Los interpretamos como actos guiados por ideas estereotipadas sobre cómo debe ser una práctica de laboratorio. Cabe señalar que el grupo 1 mostró en mayor medida un comportamiento de este tipo que el grupo 2, aunque ambos mostraron ejemplos de comportamientos pertenecientes a ambas culturas, la científica y la escolar.

#### *Papel del profesor*

Algunos de los aspectos más interesantes que aparecieron en los diálogos tienen que ver con la forma en la que los estudiantes perciben su papel (lo que es ser un estudiante «normal») y el papel del profesor (lo que debe hacer un profesor «normal»). Así, el profesor debe dar instrucciones:

### GRUPO 1. SESIÓN 1

396. ¡No sabemos! ¿Qué es lo que hay que hacer?

### GRUPO 1. SESIÓN 2

226. *Juana:* Primero tenemos que... que medir lo que mide el muelle, ¿no?

227. *Profesor:* A mí no me preguntéis.

228. *María:* (Gritando.) ¡Bueno! ¡Eh...!

231. *Juana:* (Gritando y haciendo aspavientos.) ¡Perdona! ¡A ver!

La realización de actividades abiertas requiere la apropiación por parte de los actores implicados de roles que no son los que los alumnos y alumnas han interiorizado durante su vida en la escuela. Esta disonancia entre lo que ahora se exige (un rol activo para los estudiantes mientras el profesor no da instrucciones fijas) y lo que se ha transmitido durante años de escolarización (un rol pasivo para los estudiantes, vistos como simples ejecutores de las instrucciones del profesor), bien explícitamente o bien mediante el currículo oculto, provoca ansiedad y protestas por parte del alumnado.

#### *Existencia de un conjunto único de pasos correctos*

En el grupo 1, parece que existía la idea de que las prácticas de laboratorio son algoritmos cerrados que, si no se ejecutan rigurosamente, van mal. Los componentes del grupo reclamaron con insistencia que esos pasos les fueran proporcionados por el profesor:

### GRUPO 1. SESIÓN 1

139. *Juana:* Vamos a ver. Primero, ¿qué es lo que hay que hacer?

140. *Profesor:* No hay unos... unos pasos concretos en esta práctica. No hay unos pasos...

141. *Juana:* Bueno, pero me da igual. ¿Qué es lo que hay que hacer?

Esto provocaba que, si el trabajo acumulado por el grupo no era valorado explícitamente por el profesor como «pasos correctos», los componentes lo juzgaban como inútil, lo cual sucedió en repetidas ocasiones. Desde este punto de vista, no tenía sentido ver las actividades prácticas como procesos de obtención de información. La metodología consistente en comprender los objetivos y traducirlos en unos pasos útiles no servía, porque lo que pretendían hacer era descubrir o adivinar los pasos a seguir. Por ello, no concebían que pudiesen buscar una solución ellas mismas.

### GRUPO 1. SESIÓN 1

683. *Profesor:* A ver, pero tenéis que ser vosotras las que lleguéis a una solución.

684. *Juana:* ¿Y a qué solución vamos a llegar, hombre?

Esta idea de un conjunto único de pasos implicaba la idea de un uso único y determinado para cada instrumento concreto. Así se pone de manifiesto en su reacción cuando el profesor dijo que tenían que buscar un procedimiento para medir masas sin usar la balanza.

### GRUPO 1. SESIÓN 2

210. *Profesor*: Si no tuvierais la balanza...

213. *María*: Entonces, ¿para qué la tenemos? ¡Fuera con ella! (Arrastra la balanza, alejándola.)

#### *No justificar las acciones*

En ninguno de los dos grupos existía la costumbre de justificar por qué se hacía algo. Por ello, cuando el profesor indagaba el porqué de una actividad, no lo interpretaban como una simple demanda de justificación, sino como una desaprobación.

### GRUPO 1. SESIÓN 2

662. *Profesor*: ¿Y por qué queréis hacer eso?

663. (Juana y Dolores se ríen.)

664. *María*: (Haciendo gestos de desesperación.) ¡Huy, no me digas! ¿Pero no quedamos en que teníamos que pesar esto para luego llevar esto aquí? ¡Yo no entiendo nada, eh!

#### *Sesgo de confirmación*

Era distinto el comportamiento con respecto a las conclusiones positivas o negativas. Por ejemplo, el grupo 1, que comprobó el cumplimiento de la ley de Hooke por los resortes, era muy reticente a concluir que la ley no se cumplía cuando obtenían valores distintos para la constante elástica de un muelle.

### GRUPO 1. SESIÓN 3

610. *Dolores*: No da igual ya, empezando por ahí.

611. (Pausa).

612. *Juana*: Medir, a ver... mide el... el muelle otra vez.

Sin embargo, si obtenían valores similares para la constante elástica, aceptaban el resultado sin dudarle un instante.

#### *Reticencia a desafiar la autoridad del profesor*

Había una gran inercia a modificar lo hecho por el profesor, aunque en un momento dado resultara conveniente. Esto es razonable a la luz de la creencia en una única forma correcta de hacer las cosas. Por ejemplo, cuando en el grupo 1 decidieron medir la longitud del

muelle, éste había sido colocado por el profesor con una pinza en el soporte, lo mismo que la regla. María, para medirlo, intentó hacerlo con un muelle y una regla metidos en las pinzas, a pesar de la incomodidad de ello. Tras intentarlo durante un tiempo, decidió, ante los problemas manipulativos, sacar la regla y el muelle de sus pinzas, pero calificando su acción como una chapuza.

### GRUPO 1. SESIÓN 3

669. *María*: Mira. Voy a hacer una chapuzada.

#### *Lo importante es aprender hechos*

En el grupo 2, cuando redactaron el informe, llegaron a unas conclusiones basándose en los valores numéricos de las masas medidas con los resortes. Pero no describieron el procedimiento usado para determinarlos numéricamente a partir de la medida del estiramiento o posición de la aguja. Esto parece indicar que, para ellos, lo importante era que el resorte sirviera o no para medir masas. Valoraron más los conocimientos adquiridos propios de la situación concreta que la familiaridad lograda con una práctica de amplia aplicabilidad, consistente en la determinación indirecta de una magnitud física a partir de la medida experimental de otra. Esto es coherente con una visión de la enseñanza recibida relacionada con la transmisión de hechos más que con el desarrollo de destrezas o estrategias.

## DISCUSIÓN

Nuestro propósito en este trabajo no es mostrar que los estudiantes aprenden más con este problema o comparar sus resultados con un hipotético grupo de control que realizase un problema estereotipado. Otros autores, por ejemplo Gil y Torregrosa, proponen como nosotros utilizar problemas abiertos. Creemos que hay pocos estudios sobre la forma en que perciben las y los estudiantes estos problemas abiertos y las dificultades que presenta su realización, entre ellas las que tienen que ver con una cultura escolar en la que su papel es seguir instrucciones.

El análisis de las operaciones realizadas, así como de las transcripciones de las discusiones del alumnado, pone de manifiesto las dificultades que experimentan al enfrentarse a un problema abierto, en el que ellos mismos deben diseñar el procedimiento a seguir. En nuestra opinión, algunas de estas dificultades tienen que ver con una percepción de las prácticas como una actividad en la que se sigue un conjunto cerrado de pasos correctos, que deben ser indicados por el profesor. El papel del alumnado y el papel del profesorado estarían, pues, claramente delimitados: el profesor o profesora debe indicar los pasos a seguir y el alumnado sólo tiene que seguir instrucciones. Esta percepción es el resultado de muchos años de inmersión en un contexto educativo en el que las clases prácticas son así, y por parte de algunos estudiantes, como los componentes del grupo 1, aparecen signos



de inquietud ante la demanda de que modifiquen su papel y tomen parte activa en el diseño de las actividades. Éstos son ejemplos de lo que llamamos *cultura escolar*, es decir, actividades estereotipadas en las que no aparecen los procesos de resolución de problemas característicos de la actividad científica.

Otros ejemplos de cultura escolar serían la importancia del aprendizaje de hechos o conceptos frente al desarrollo de destrezas, la ausencia de justificación de las operaciones o acciones realizadas (lo que importa es el resultado, no el proceso) y el sesgo de confirmación.

Pero, por otra parte, también se pone de manifiesto que los alumnos y alumnas son capaces de realizar algunas operaciones que forman parte de la cultura científica. Así, por ejemplo, se produce por parte del grupo 2 la identificación del problema, si bien la dificultad de considerar la medida indirecta de las masas a partir de otra magnitud física fue un factor limitante de importancia. En cuanto a la elección del formato de los datos, en el mismo grupo, la opción de utilizar como dato la posición de la aguja corresponde a lo que Duschl y Erduran (1996) denominan *datos duros*, aunque después, en la búsqueda de pautas –otro de los pasos esenciales en el proceso de poner orden–, tropezaron con un obstáculo (la relación lineal sólo se cumple para un determinado intervalo) que no fueron capaces de superar. O sea, no fueron capaces de pasar de datos a pautas. Por último, otra dificultad se relaciona con la expresión cuantitativa de conclusiones cualitativas.

Vemos que parte de la actividad de los alumnos (sobre todo para el grupo 2) se relacionó con el no-dominio de recursos y prácticas concretas, cuyo desarrollo podemos estimular con actividades que demanden su uso. Pero

otro factor limitante vital es el peso de la visión estereotipada que los alumnos tienen sobre lo que debe ser una práctica de laboratorio, consistente en la ejecución de un algoritmo. En nuestra opinión, esta barrera, que podríamos llamar *antiheurística*, ya que dificulta la resolución de los problemas, sólo se puede eliminar o al menos rebajar mediante la realización en el aula de actividades que demanden un papel activo por parte de los estudiantes. Esa realización debe ser continuada y no esporádica, para permitir la interiorización y la apropiación por parte de los estudiantes de roles y reglas interaccionales adecuados para el trabajo activo y colaborativo. En el problema estereotipado se trata de aplicar unos algoritmos aunque no se entienda la conexión de este problema con situaciones reales, mientras que, en el problema del explorador, esta contextualización se establece desde el principio y, en las discusiones posteriores, el profesor puede hacerlo más explícito, con ejemplos en los que se usan resortes que cumplen la ley de Hooke, como los dinamómetros utilizados en zoología de campo para pesar pequeños animales.

En resumen, creemos que la frecuente realización en las aulas de actividades prácticas que poco tienen que ver con la naturaleza del trabajo científico puede provocar que los alumnos y alumnas desarrollen no sólo una visión distorsionada de éste, sino además una mentalidad en la que la realización de un trabajo práctico es igual a la ejecución de un algoritmo cerrado

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la DGICYT la financiación del proyecto PB 98-0616, del que este trabajo forma parte, y al profesor de la Escuela de Magisterio de Lugo Ramón López Rodríguez su colaboración con el material de grabación.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, V.M., BERNAL, M., GARCÍA-RODEJA, E. y JIMÉNEZ, M.P. (1997). Destrezas argumentativas en física: un estudio de caso usando problemas sobre flotación. *V Congreso de Investigación en Didáctica de las Ciencias*. Murcia. Setiembre, 1997.
- BLOOME, D., PURO, P. y THEODOROU, E. (1989). Procedural display and classroom lessons. *Curriculum Inquiry*, 19(3), pp. 265-291.
- BRAÑAS, M.P., SÓÑORA, F., JIMÉNEZ, M.P. y GARCÍA-RODEJA, I. (1997). Diez mil años en un centímetro. Unidad curricular sobre el suelo, su formación, degradación, cuidado y restauración. *V Congreso de Investigación en Didáctica de las Ciencias*. Murcia. Setiembre, 1997.
- BROWN, J.S., COLLINS, A. y DUGUID, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, pp. 32-42.
- CHINN, C.A. y BREWER, W.F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63(1), pp. 1-49.
- DUSCHL, R. y ERDURAN, S. (1996). Modelling the growth of scientific knowledge, en Weldorf, G., Osborne, J., Scott, P. *Research in science education in Europe*. Londres: Farmer Press.
- DUSCHL, R. (1998). La valoración de argumentaciones y explicaciones: promover estrategias de retroalimentación. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), pp. 3-20.
- GIL PÉREZ, D. (1981). Por unos trabajos prácticos realmente significativos. *Revista de Bachillerato*, 5(17). pp. 54-56.
- GIL, D. (1982). *La investigación en el aula de Física y Química*. Madrid: Anaya.
- GIL PÉREZ D. y MARTÍNEZ TORREGROSA J. (1983) A model for problem-solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5(4), pp. 447-455.
- HABERMAS, J. (1987). *Teoría de la acción comunicativa I: racionalidad de la acción y racionalidad social*. Taurus: Madrid.

- HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), pp. 299-313.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (1998). Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), pp. 203-316.
- JIMÉNEZ, M.P. y DÍAZ, J. (1997). Analyzing classroom discourse: practical work in the biology laboratory. *Reunión anual de AERA*. Chicago. Abril, 1997.
- JIMÉNEZ, M.P., ÁLVAREZ, V. y REIGOSA, C. (1998). Argumentación en el laboratorio de física. *Encuentro de Pesquisa no Ensino de Física*. Florianópolis. Octubre, 1998.
- JIMÉNEZ, M.P., DÍAZ, J. y DUSCHL, R.A. (1998). Scientific culture and school culture: epistemic and procedural components. *Reunión anual de NARST*. San Diego. Abril, 1998.
- JIMÉNEZ, M.P., PEREIRO, C. y AZNAR, V. (1998). Promoting reasoning and argument about environmental issues. *II Conference of European Researchers in Didactics of Biology*. Goteborg. Noviembre, 1998.
- KELLY, G.J., DRUKER, S. y CHEN, C. (1998). Students' reasoning about electricity: combining performance assessments with argumentation analysis. *International Journal of Science Education*, 20(7), pp. 849-871.
- KELLY, G.J. y CRAWFORD, T. (1997). An ethnographic investigation of the discourse processes of school science. *Science Education*, 81, pp. 533-559.
- LATOURET, B. y WOOLGAR, S. (1995). *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza.
- LONNING, R.A. (1993). Effect of cooperative learning strategies on students verbal interactions and achievement during conceptual change instruction in 10th grade general science. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), pp. 1087-1101.
- McGINN, M.K. y ROTH, W.M. (1999) Preparing Students for competent scientific practice: implications of recent research in Science and Technology studies. *Educational Researcher*, 28(3), pp. 14-24.
- McGINN, M.K., ROTH, W.M., BOUTONNÉ, S. y WOSZCZYNA, C. (1995). The transformation of individual and collective knowledge in elementary science classrooms that are organised as knowledge-building communities. *Research in Science Education*, 25(2), pp. 163-189.
- REIGOSA, C. (1998). Ser estudiante o resolver un problema: roles, interacciones y estrategias durante la resolución de un problema abierto de física. Trabajo de 3r. ciclo inédito. Departamento de Didáctica das Ciências Experimentais. Universidade de Santiago de Compostela.
- ROTH, W.M. y ROYCHOUDHURY, A. (1993) The development of Science Process skills in authentic contexts. *Journal of Research in Science Teaching* 30(2), pp. 127-152.
- SOLÉ, I. (1997). Reforma y trabajo en grupo. *Cuadernos de Pedagogía*, 255, pp. 50-53.
- TOBIN, K., McROBBIE, C. y ANDERSON, C. (1997). Dialectical constraints to the discursive practices of a high school physics community. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(5), pp. 491-507.
- VYGOTSKI, L.S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Crítica: Barcelona.

[Artículo recibido en mayo de 1999 y aceptado en enero de 2000.]

### ANEXO

El guión proporcionado a los alumnos fue el siguiente:

Un explorador quiere medir la masa de pequeñas piedras (menores a 0,5 kg), pero no quiere llevar una balanza en el equipaje porque ocupa mucho. Necesita saber si podría sustituir la balanza por un muelle adecuado (o mejor por una goma, que ocupa menos) y una cinta métrica. Os pide que vosotros estudiéis si un muelle o una goma le servirían y por qué. Quiere saber si cualquier muelle o goma le servirían y, si no es así, cómo saber si un muelle o una goma determinados son válidos para sus fines y con qué grado de exactitud. Haced las pruebas que juzguéis necesarias y escribid un informe con vuestros datos y conclusiones. En este informe es *imprescindible* que expliquéis el porqué de todas las decisiones que toméis.

Disponéis del siguiente material:

- Varios muelles y una goma, para comparar y decidir cómo deben comportarse los que nos sirven.
- Pesas.
- Una balanza.
- Objetos de masa parecida a las piedras que interesan al explorador.
- Una regla.

Si necesitáis algo más, pedídselo al profesor.