

# UNA EXPERIENCIA DE INVESTIGACIÓN ACCIÓN ACERCA DE LA REDACCIÓN DE INFORMES DE LABORATORIO POR ALUMNOS DE FÍSICA Y QUÍMICA DE PRIMERO DE BACHILLERATO

**REIGOSA CASTRO, CARLOS EMILIO**

IES Fuentesnuevas, Ponferrada. León

carlosreigosa@edu.xunta.es

---

**Resumen.** En esta experiencia se analiza la redacción de los informes de investigación correspondientes a siete tareas de laboratorio por parte de los alumnos de un grupo de primero de bachillerato. Esas tareas fueron concebidas en términos de resolución de problemas y fueron realizadas durante un curso académico. Valoramos si se produjo alguna mejoría en los productos elaborados por los estudiantes, para lo cual desarrollamos indicadores, y, habiendo encontrado que sí ocurrió, estudiamos sus causas mediante una metodología naturalista. Hallamos que es posible que los estudiantes mejoren la redacción de informes de laboratorio, pero que esta mejora estuvo ligada, en el caso analizado, a acciones instruccionales diseñadas específicamente para permitirles comprender mejor las características y requerimientos de este género de escritura.

**Palabras clave.** Informes de laboratorio, cognición situada, géneros de escritura científica, cultura científica, problemas abiertos.

---

## **An action research experience about laboratory report writing by physics and chemistry eleventh grade students**

**Summary.** In this experience, the writing process of the research reports corresponding to seven laboratory tasks by the students of an eleventh grade class is analyzed. The tasks were conceived in terms of problem resolution and were accomplished during an academic year. We assess if there was any improvement of the products elaborated by the students, developing indicators, and, having found that it there was, we study its causes by means of a naturalistic methodology. We found that it is possible that the students improve their laboratory reports, but this improvement was bound, in the case analyzed, to instructional actions specifically designed to allow them to reach a better understanding of the features and requirements of this writing genre.

**Keywords.** Laboratory reports, situated cognition, scientific writing genres, scientific culture, open problems.

---

## **INTRODUCCIÓN**

En el marco de la cognición situada (Brown, Collins y Duguid, 1989) se considera que el conocimiento es un producto del contexto en que se crea y usa, del cual no puede ser abstraído. Desde esta perspectiva, sería aconsejable que la enseñanza se realizara en marcos contextuales coherentes con aquellos en los que se desarrollan las prácticas sociales reales. Eso implica, en el caso de la enseñanza de las disciplinas científicas, el interés por que los alumnos lleven a cabo tareas relacionadas con la prác-

tica científica, enmarcadas en la cultura científica, lo cual puede permitirles la apropiación de elementos propios de la misma. Los posibles efectos de esto han sido estudiados por Roth y Roychoudhury (1993), quienes muestran que el alumnado desarrolla destrezas de mayor nivel cognitivo en contextos educativos próximos a contextos de actividad reales; en concreto aprenden a identificar y definir variables, interpretar, transformar y analizar datos, planificar y diseñar experimentos y formular hipótesis.

Una actividad propia del trabajo científico es la escritura. Este componente del trabajo de los científicos es tan habitual en su actividad cotidiana que Latour y Woolgar (1995) han llegado a calificarlos de «escritores compulsivos». McGinn y Roth (1999) sugieren la redefinición del conocimiento científico como la competencia en el uso de discursos científicos más que como el dominio de cuerpos de hechos y teorías. Pero, para ayudar a los estudiantes a comprender el discurso usado por los miembros de la comunidad científica, hay que tener en cuenta que éste incluye una amplia variedad de géneros (Keys, 1999), como informes de investigación, explicaciones ante diversos auditorios, solicitudes de financiación o divulgaciones, entre otros.

En el grupo de investigación didáctica en cuyo marco se ha realizado este trabajo, la implementación de contextos compatibles con los propios de la cultura científica ha sido buscada proponiendo a los estudiantes problemas cuya solución no estuviera definida de antemano, pudiendo no ser única (Jiménez, 1998), o bien problemas en los que lo que no es único no es la solución, sino el camino para llegar a ella (Reigosa y Jiménez, 2001a). El objetivo de estas propuestas es tener en cuenta que aprender ciencias no es sólo aprender conceptos y modelos, sino también practicar en alguna medida el trabajo científico, experimentando una inmersión en la cultura científica (Díaz y Jiménez, 1999). Los problemas planteados a los estudiantes en estas propuestas didácticas son abordados por ellos trabajando en pequeños grupos (en torno a cuatro estudiantes). Consideramos que ello permite concebir la intervención del profesor en términos de andamiaje dirigido a la zona de desarrollo próximo de los estudiantes (Reigosa y Jiménez, 2001b). En esta perspectiva, los alumnos hacen lo que pueden y el profesor les ayuda con lo que no son capaces de abordar por sí solos (Cazden, 1991), para que así su asistencia se dirija a lo que Vygotski (1979) llama «zona de desarrollo próximo»: el nivel de competencia delimitado por la capacidad de resolución de tareas que se pueden abordar satisfactoriamente sólo en interacción con alguien más capaz. Esto requiere que el profesor conozca hasta dónde llegan sin ayuda los que aprenden y hasta dónde pueden hacerlo con asistencia de alguien más capaz (Brown y Ferrara, 1985), lo cual implica que el profesor tenga acceso a la información que le permita saber eso fundamentalmente. Consideramos que esto se ve favorecido con una observación muy atenta de la actividad del aula por parte del profesor y con una cultura evaluativa basada en una recogida constante de información acerca de la calidad de los procesos educativos.

Con el objetivo de ayudar a los estudiantes a establecer conexiones conceptuales y a pensar profundamente, se ha preconizado que los estudiantes se impliquen en el aula en formas de escritura que no se corresponden con los géneros científicos habituales, sino con la llamada «escritura expresiva», que sería una escritura informal parecida al lenguaje cotidiano (Britton, 1970). Sin negar la utilidad que puede tener ese tipo de escritura usada en determinados momentos de la enseñanza, como, por ejemplo, después de explicaciones del profesor a los estudiantes acerca de sistemas conceptuales comple-

jos, consideramos que su uso exclusivo fomentaría el alejamiento de la cultura escolar del aula con respecto a la verdadera cultura científica puesto que excluiría a los estudiantes del uso de los géneros genuinos de escritura científica. Según Lave y Wenger (1991), la mayor parte del aprendizaje socialmente significativo ocurre a través de la participación periférica legítima, en la que los novatos aprenden a través de la acción en contextos sociales reales, asumiendo inicialmente un rol más bien periférico y de escasa responsabilidad, el cual, sin embargo, sigue gradualmente una transformación centrípeta hacia una posición más relevante. La participación periférica legítima es un aprendizaje mediante la acción, entendida ésta como la incorporación a procesos reales propios de las distintas culturas; consideramos que la acción debe incluir, en lo que se refiere a la enseñanza de la ciencia, la escritura usando géneros científicos verdaderos. Coincidimos con Florence y Yore (2004) en que la enculturación en el discurso de una comunidad (en este caso la científica) es un evento académico crucial. Además, la escritura usando géneros científicos también promueve el aprendizaje de contenidos, como señala Rivard (2004), que muestra que los alumnos pueden mejorar su comprensión conceptual a través de actividades de escritura científica. Para Keys (1999), escribir con géneros científicos permite la creación de conocimiento ya que se genera un entorno reflexivo para aprender por medio de la implicación en actividades científicas auténticas: la indagación científica verdadera permite tomar posesión personal de las ideas científicas y conlleva aprender a escribir en géneros científicos para expresarlas. Chinn y Malhotra (2002) señalan que las tareas planteadas en términos de indagación en las escuelas a menudo implican procesos distintos de los de la verdadera investigación científica y consideramos que, si se pretende alcanzar una semejanza razonable entre ambas, hay que tener en cuenta que un componente fundamental de la indagación científica real es la escritura de informes científicos.

Un modelo que permite comprender cómo la práctica de la escritura ayuda a mejorar no sólo aspectos referentes a habilidades de comunicación, sino también el aprendizaje de otros contenidos, es el de Bereiter y Scardamalia (1987), quienes consideran que los que escriben aumentan su conocimiento mediante la interacción entre el procesado de contenido y el desarrollo discursivo. En el llamado espacio del contenido se consideran problemas de conocimiento y de creencias, como recordar, relacionar, construir y evaluar contenidos, mientras que en el espacio del discurso (o espacio retórico) se considera el problema de cómo expresar el contenido. En el proceso dinámico e iterativo entre ambos espacios se genera nuevo conocimiento, puesto que la información generada a partir de un espacio es usada en el otro. Por ejemplo, los requerimientos de claridad en la expresión del género de escritura seleccionado pueden llevar a evaluar los contenidos que se están expresando y decidir que hay que fundamentarlos mejor o buscar más conocimientos.

Dado el interés que tiene, en términos de enculturación, el aprendizaje del manejo de géneros científicos y, teniendo en cuenta además los trabajos que indican que su práctica también promueve el aprendizaje de otros

contenidos, parece interesante la realización de actividades instruccionales en el aula que incluyan la escritura usando géneros científicos; en este estudio, nos hemos centrado específicamente en el género consistente en el informe elaborado a partir de una investigación, hecha en concreto en el laboratorio escolar. El formato de los informes de investigación incluye apartados acerca de propósitos, metodología, resultados y conclusiones, permitiendo a los investigadores documentar sus indagaciones. Como Jiménez (1997) indica, aunque trabajos distintos pueden tener distintos apartados, la estructura anterior es el esqueleto común que adoptan la mayoría de los artículos de investigación.

En este estudio acerca de los informes de laboratorio correspondientes a siete actividades prácticas realizadas durante un curso escolar por los estudiantes de un grupo de primero de bachillerato, nos hemos planteado como objetivos: 1) desarrollar criterios acerca de la calidad de los informes, y responder a las siguientes preguntas de investigación; 2) ¿se produce alguna mejora en los informes de laboratorio elaborados por los estudiantes a lo largo de un curso?; 3) ¿cuál es la principal causa que explica las mejoras más significativas detectadas?

### CONTEXTO Y METODOLOGÍA

Este estudio se corresponde con el análisis de una experiencia educativa llevada a cabo en términos de investigación acción. Tal experiencia se planificó y se trató de implementar buscando que respondiera tanto a intereses intrínsecos de mejora de la actuación docente del autor, que era el profesor de los alumnos participantes, como a

intereses extrínsecos de creación de significados útiles para la comunidad educativa (McKernan, 1999). En concreto, se les propuso a los estudiantes de un grupo de física y química de 1º de bachillerato de un instituto público de un pueblo pequeño de Lugo la resolución, trabajando en grupos de cuatro alumnos, de siete actividades prácticas concebidas como la resolución de problemas. Además, debían redactar un informe tras la realización de cada una de ellas. Dado el bajo número total de alumnos en el aula analizada (ocho estudiantes), sólo hubo dos grupos de trabajo. El carácter de estudio de caso de este trabajo implica que no se pueda pretender llegar con él a resultados generalizables desde el punto de vista estadístico. Nuestro interés es más bien el desarrollo de constructos, marcos, esquemas o interpretaciones útiles para investigadores o para profesores en contextos con características comunes y con intereses similares, y que pretendemos que puedan ayudar a interpretar y, si fuera necesario, cuestionar las rutinas de clase y las creencias sobre la enseñanza y el aprendizaje. Ejemplos del tipo conocimiento que se pretende desarrollar con este estudio son el estudio de Hodson y Benzze (1998), quienes analizan cómo un grupo de profesores se enfrenta a las dificultades de las innovaciones curriculares, o el de Roth y Bowen (2000), que estudian las dificultades relacionadas con la confección de gráficas por los estudiantes.

Las tareas propuestas a los estudiantes estaban planteadas como problemas que se podían abordar de diversas maneras, si bien su solución era única, por ser datos numéricos (tareas 2, 3, 5 y 6), una opción concreta a escoger (tareas 1 y 7) o una relación determinada entre variables (tarea 4). Son las que se muestran en la tabla 1 (no mostramos la reproducción textual de los guiones completos por motivos de brevedad).

Tabla 1  
Tareas realizadas por los estudiantes.

1. Movimiento por un tubo inclinado	Se establecía la situación hipotética de una fábrica de pelotas, las cuales eran pintadas a medida que bajaban por un tubo inclinado. Para sincronizar el funcionamiento de los dispositivos que soltaban la pintura, se les pedía a los estudiantes que determinasen el tipo de movimiento que seguía una bola que rodaba a través de un tubo inclinado.
2. Lanzamiento de proyectiles	Se planteaba la necesidad de que los alumnos determinasen la velocidad inicial con que un dispositivo lanzaba una bola, lo que se justificaba basándose en la utilidad de saber esa velocidad en casos prácticos, como por ejemplo en la fabricación de dispositivos lanzadores de pelotas de tenis.
3. Estudio de un movimiento con rozamiento	Se hacía referencia a un diseño industrial en el que unos objetos se deslizaban por una superficie, lo que implicaba el interés por determinar de forma fiable el valor de su coeficiente de rozamiento, lo cual se les solicitaba a los estudiantes.
4. Movimiento circular	Después de justificar el interés a nivel teórico y práctico del movimiento circular, se les pedía a los alumnos que estudiaran empíricamente la relación entre la fuerza centrípeta y la velocidad y el radio del movimiento de un objeto que giraba sobre una superficie circular.
5. Comprobación del código de colores de resistencias	Se planteaba la realización de un control de calidad en una fábrica de resistencias, el cual debía asegurar que los valores de los códigos de colores de las resistencias fabricadas fueran correctos. Los alumnos tenían que hacer esa comprobación para varias resistencias que se les suministraban.
6. Determinación de la acidez de un vinagre	Se exponía una supuesta auditoría sobre una empresa que fabricaba vinagre. Debían comprobar si el grado de acidez de un vinagre que se ponía a su disposición era correcto.
7. Búsqueda de un método exacto para medir la densidad	Tenían que buscar el instrumento más exacto entre varios disponibles (pipetas, picnómetros, matraces...) para medir densidades. El problema estaba contextualizado en el marco de un laboratorio de análisis y ensayos físico-químicos que quería ofrecer también la realización de mediciones de densidad.

Para la realización de las tareas no se les suministraron instrucciones tipo receta sino que debían ser ellos los que, trabajando en grupo, diseñaran una metodología apropiada en cada situación. En cambio, en algunos casos en los guiones se les explicaban contenidos relevantes que no habían sido tratados previamente, como la interpretación de los códigos de colores de las resistencias o algunos conceptos elementales sobre ácidos y bases. Los alumnos eran conducidos al laboratorio y se les daba el guión, en el que se planteaba el problema y se les daba diverso material útil, si bien se les aclaraba que podían solicitar otro si lo consideraban oportuno y lo había en el laboratorio. Las tareas fueron realizadas en distintos momentos del curso escolar, cada una después de haber trabajado en el aula contenidos conceptuales del currículo de 1º de bachillerato relacionados con ella y de haber realizado problemas de lápiz y papel también relacionados. Los estudiantes no realizaron más actividades prácticas de física y química durante el curso que estas siete, que compartían la orientación de haber sido concebidas como problemas. Todas ellas fueron resueltas satisfactoriamente, aunque en algunas fue necesaria la asistencia del profesor para ayudarles a superar dificultades, que fueron diversas y específicas de cada una. La asistencia del profesor se orientó a ayudarles a superar dificultades o a comprender aspectos con los que tenían problemas, no a darles instrucciones concretas a ejecutar.

En cuanto a los datos analizados en esta investigación, se recogieron los informes elaborados por los estudiantes y se valoró si había alguna mejora en ellos. Al desarrollar criterios de valoración para los informes, lo cual era uno de los objetivos de este trabajo, se analizó si los productos elaborados por los estudiantes servían a algunos de los propósitos propios de la escritura científica enumerados por Keys (1999): dejar constancia de procedimientos y datos, reflejar la calidad de los diseños, proponer nuevas ideas, dar significado a los resultados y comunicar a otros lo que se ha encontrado. Teniendo esto en mente, se desarrollaron los criterios especificados en la tabla 2, de los cuales se valoró su cumplimiento. Algunos de estos criterios son semejantes a los propuestos por Novak y Gowin (1988) para puntuar los diagramas UVE, que pretenden recoger la estructura del conocimiento y las formas de elaborarlo. En la tabla 2, además, se incluyen ejemplos que cumplen dichos criterios. Para facilitar la lectura de esos ejemplos, éstos se escogieron de sólo uno de los informes, en concreto el del grupo 2 con la tarea 6 (el cual cumplió todos los criterios). Para facilitar la evaluación de los criterios, se diseñaron de forma que fueran valorables dicotómicamente en términos de considerar simplemente si se cumplían o no en cada informe. Aunque fueron redactados de manera que cada uno por separado se evaluara dicotómicamente, la valoración conjunta de todos permite apreciar matices y diferentes niveles de calidad en los informes redactados por los estudiantes.

Tabla 2  
Criterios adoptados para valorar los informes entregados por los estudiantes.

Criterio		Ejemplo de su cumplimiento (tarea 6, grupo 2)
A	Se hace explícita la pregunta de investigación	Escriben: «Mediante esta práctica valoramos si el grado de acidez del vinagre indicado por el fabricante es correcto.»
B	Se inicia el informe con un pequeño resumen	Incluyen un apartado al que llaman «Resumen» que abarca la anterior pregunta de investigación y el resultado al que llegan.
C	Se justifica el interés de la investigación	Escriben: «Es muy útil conocer si el vinagre tiene la acidez indicada, porque si el valor es diferente el fabricante incurriría en un delito contra la salud pública.»
D	Se repasa el marco teórico	Explican los conceptos de disolución, molaridad, pH y porcentaje en volumen, así como la reacción de neutralización entre el ácido acético y la sosa.
E	Se plantea una metodología	Explican los pasos seguidos, qué disoluciones usaron y cómo realizaron una neutralización entre el ácido y la base.
F	Se describe el material	Relacionan todos los reactivos usados, el material de vidrio, así como un pH-metro que usaron para detectar el punto de equivalencia.
G	Se muestran los datos	Muestran una tabla con el valor del pH en función del volumen de disolución de sosa añadido.
H	Se explica el tratamiento dado a los datos	Explican cómo realizaron los cálculos para determinar el volumen de sosa que debería consumirse en el punto de equivalencia, si el grado de acidez indicado por el fabricante fuera correcto.
I	Se muestran los datos transformados	Muestran las operaciones que hacen con los datos simultáneamente con la explicación de qué cálculos hacen y por qué.
J	Se llega a conclusiones	Escriben: «[...] podemos afirmar que el fabricante está en lo cierto.»
K	Se proponen nuevas investigaciones	Escriben: «[...] de no haber coincidido con las cantidades teóricas, a partir de la cantidad de sosa en exceso o en defecto, determinaríamos el verdadero grado de acidez.»
L	Se expresan implicaciones prácticas	Escriben: «En lo que al grado de acidez se refiere, el vinagre es apto para el consumo humano.»

Se ha indicado que esta experiencia no sólo tenía intereses extrínsecos de creación de significados de utilidad para la comunidad educativa, sino también intrínsecos de mejora de la actuación del autor como profesor. Dicha actuación se trató de concebir en términos de andamiaje dirigido a la zona de desarrollo próximo de los estudiantes. Con la intención de recoger información útil para esto, los informes de los estudiantes fueron recogidos al final de cada tarea y fueron valorados inmediatamente. Ello permitió conocer y valorar cómo escribían informes los alumnos. Al tratarse de alumnos que inician un nivel educativo, el bachillerato, resulta conveniente tener constancia de cuál es el estado de sus conocimientos acerca, en este caso, de la redacción de informes, información relevante para plantear qué ayuda necesitan. Como se mostrará con mayor detalle en el apartado de resultados, tras las primeras tareas no se observó una gran mejoría en ellos, por lo que se pensó qué acción instruccional convenía poner en práctica para permitirles mejorarlos. Teniendo en cuenta las indicaciones de Warwick, Stephenson y Webster (2003), quienes señalan que el hecho de que el profesor busque ser específico sobre el propósito de la escritura y el hecho de que señale el tipo de escritura a usar pueden tener una fuerte influencia sobre la calidad del producto a elaborar; teniendo en cuenta el trabajo de Keys (2000), que aporta pruebas de que los estudiantes obtienen mejores resultados si se les proporciona andamiaje mediante la aclaración de los objetivos de la escritura, nos hemos propuesto intentar ayudar a los estudiantes a que puedan aumentar la calidad de sus productos proporcionándoles información acerca de la estructura de los apartados de los informes de investigación. Tal información se muestra en el anexo de este artículo y no cambió en las distintas tareas realizadas después de que fuera proporcionada. Sin embargo, sí se les mostraron a los estudiantes los distintos informes corregidos, incluyendo indicaciones del profesor, ya que no cabe esperar que los informes mejoren simplemente por ser proporcionadas unas instrucciones, si éstas no van acompañadas de la posibilidad de ponerlas en práctica, recibiendo además información sobre la calidad de esa puesta en práctica. Los apartados hechos explícitos en la información suministrada a los estudiantes se corresponden con los de muchas investigaciones (Jiménez, 1997) y permiten exponer propósitos, metodología, resultados y conclusiones de la investigación de forma clara para el lector. Esa información fue suministrada por escrito, pero también fue explicada verbalmente y los alumnos podían plantear las dudas que les surgiesen en su interpretación. Existe la posibilidad de afinar más algunos aspectos en la calidad de los informes que no se incluyeron en la información dada a los estudiantes, como, en el apartado de metodología, separar el procedimiento seguido de las fórmulas utilizadas y de la descripción del material empleado, pero, teniendo en cuenta el nivel educativo en el que se desarrolla la investigación, hemos planteado la intervención como orientada a permitir una primera aproximación a los aspectos más importantes de la escritura de los informes de investigación científica, que deberá ser refinada en niveles educativos posteriores, en aspectos como el

que se acaba de citar o en otros, como la inclusión en los informes de investigación de una autoevaluación del trabajo realizado, en el sentido de indicar limitaciones de la investigación hecha y propuestas para superarlas. Consideramos que el aprendizaje de la escritura satisfactoria de informes científicos debe ser un proceso gradual, que no cabe pretender alcanzar por completo en un solo curso académico. Además, se consideró más manejable para los estudiantes darles la información para mejorar sus informes, como se presenta en el anexo, que darles los criterios de valoración de la tabla 2, puesto que, en la información dada, que es la que se presenta en el anexo, se indican los apartados que se deben incluir en los informes y se explica su contenido, mientras que la tabla 2 es una lista pormenorizada de criterios, pero en ella no se aclaran explícitamente los apartados de los informes.

Desde el momento en el que comenzamos a considerar que había indicios de que los informes elaborados por los estudiantes no mejoraban apreciablemente hasta el momento en que se puso en marcha la acción educativa indicada en el párrafo anterior, los estudiantes realizaron una tarea más (la 4), la cual grabamos en audio y vídeo con el fin de comprender las dificultades que experimentaban y que les impedían progresar en la escritura científica. Con estos nuevos datos, recogidos para uno de los dos grupos, se pretendió obtener una información pormenorizada del proceso de redacción del informe. Los datos provenientes de las transcripciones de las grabaciones fueron analizados desde una perspectiva cualitativa, pretendiendo el desarrollo de conocimiento en forma de constructos, marcos, esquemas e interpretaciones, los cuales están ligados al caso aquí analizado y cuya utilidad, para construir una teoría aplicable a situaciones educativas similares, deberá ser decidida por el lector (Stake, 1998). Reservar esa decisión al lector le permite a éste asumir, en caso de ser un profesor en activo, un papel protagonista de los cambios educativos y trascender el rol de mero «aplicador» de conocimientos elaborados por «expertos» muchas veces ajenos a las aulas (Elliott, 1993). Durante el análisis aplicamos el principio de la indagación naturalista de Lincoln y Guba (1985) consistente en considerar más conveniente, para analizar unos datos sociales, un análisis inductivo que uno deductivo basado en la comprobación de hipótesis, puesto que este último podría resultar refractario al desarrollo por los investigadores de posibles interpretaciones distintas compatibles con tales datos. En el proceso seguido aquí, se revisaron repetidas veces las transcripciones, identificándose fases de actividad que se consideraron diferentes por responder a distintos objetivos, así como los episodios relevantes para comprender las características finales de los productos elaborados por los estudiantes. Estas fases y episodios fueron agrupados, y se desarrollaron iterativamente interpretaciones en torno a ellos, prestando atención especial a su relación con la calidad del producto final.

Se hace necesario aclarar que los fragmentos de los informes de los alumnos y los fragmentos de transcripción reproducidos han sido traducidos del gallego, lenguaje usado originariamente por los participantes.

**RESULTADOS**

En primer lugar, como se detalla en el apartado de metodología, se han diseñado unos criterios para la valoración de los informes elaborados por los estudiantes (Tabla 2), lo cual era uno de los objetivos de este trabajo. Los resultados correspondientes a la aplicación de dichos criterios a los productos de los dos grupos de estudiantes analizados se muestran en la tabla 3. Se hace necesario indicar que, aunque cada estudiante debía entregar su propio informe, en el seno del grupo, la redacción del mismo era colectiva, resultando que los cuatro informes de los miembros de cada grupo para cada tarea fueron exactamente iguales. En principio no era obligatorio que así fuera, puesto que cada miembro era libre de incluir en su informe aspectos no compartidos por sus compañeros de grupo o de darle al informe final a entregar una orien-

tación más personal, pero eso no sucedió. Al ser iguales los informes de todos los componentes de cada grupo de trabajo, mostramos los resultados referidos a los dos grupos participantes, no a estudiantes individuales.

Se produjo una mejoría entre los cuatro primeros informes y los tres siguientes, siendo la principal fuente de diferencia los criterios B, C y D, que no fueron alcanzados nunca por los estudiantes hasta que les fueron pasadas indicaciones por escrito sobre los informes de laboratorio. Los estudiantes, en sus primeros informes, no iniciaban la presentación mostrando un pequeño resumen de la investigación, ni justificaban el interés de la misma ni tampoco repasaban los conceptos o conocimientos más relevantes. En cambio, en general, ya en los primeros informes explicaban los pasos dados, mostraban los datos y el manejo de los mismos y llegaban a conclusiones.

Tabla 3  
Calidad de los informes de los grupos. Una cruz en un criterio significa que sí se alcanzó.

Criterio		Tarea						
		1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª
A	Grupo 1	x	x	x	x	x	x	x
	Grupo 2	x	x	x	x	x	x	x
B	Grupo 1					x	x	x
	Grupo 2					x	x	x
C	Grupo 1					x	x	x
	Grupo 2					x	x	x
D	Grupo 1					x	x	x
	Grupo 2					x	x	x
E	Grupo 1	x		x	x	x	x	x
	Grupo 2	x		x	x	x	x	x
F	Grupo 1	x	x		x	x	x	x
	Grupo 2	x	x	x	x	x	x	x
G	Grupo 1	x	x	x	x	x	x	x
	Grupo 2	x	x	x	x	x	x	x
H	Grupo 1	x	x	x	x	x	x	x
	Grupo 2	x	x	x	x	x	x	x
I	Grupo 1	x	x	x	x	x	x	x
	Grupo 2	x	x	x	x	x	x	x
J	Grupo 1	x	x	x	x	x	x	x
	Grupo 2	x	x	x	x	x	x	x
K	Grupo 1			x				
	Grupo 2		x	x			x	
L	Grupo 1							
	Grupo 2		x				x	x
Número de criterios alcanzados	Grupo 1	7	6	7	7	10	10	10
	Grupo 2	7	8	8	7	10	12	11

Hay una evidente relación entre parte de la información proporcionada a los alumnos y que se muestra en el anexo y la mejoría señalada mediante los criterios B, C y D. Por ejemplo, se les indicaba que el primer apartado del informe debía ser un resumen, lo que se relaciona con el criterio B. Por ello, la mejoría presentada en la tabla 3 supone la constatación de que la redacción de informes de investigación por parte de los alumnos mejora en aspectos acerca de los cuales reciben asistencia en forma de información específica. Este resultado está en consonancia con los trabajos de Warwick, Stephenson y Webster (2003) y Keys (2000). Para estudiar por qué fue necesaria la ayuda en forma de información para que se produjera esa mejoría y qué dificultades experimentaban anteriormente que limitaban la calidad de los informes, realizamos un análisis de los datos naturalistas consistentes en las transcripciones de las acciones verbales y físicas de los participantes al enfrentarse a la cuarta tarea «Movimiento circular», la última realizada antes de proporcionar información concreta para mejorar los informes, por lo cual resulta indicativa de los errores que cometían. Restringimos los ejemplos aquí mostrados a una tarea y a un grupo para poder hacer una descripción lo más detallada posible del contexto en que se producen las transcripciones que presentamos a continuación, sin que esa descripción alargue desmesuradamente este trabajo por tener que describir el trabajo de los dos grupos en distintas tareas. Las sesiones dedicadas a esta tarea fueron cinco (la última no completa). Primero resolvieron el problema que se les planteaba y, a continuación, procedieron a la redacción del informe (líneas 276-807 y 1-225 de las transcripciones de las sesiones 4 y 5 dedicadas a esta tarea, respectivamente). Las distintas fases que se produjeron durante la redacción del informe se presentan en la figura 1, en la que se muestra que las fases dedicadas a la planificación de la escritura son más bien breves. La escritura resultó ser bastante automática, introduciéndose

los datos, materiales, etc., enmarcados en una redacción, sobre todo de tipo lineal, de los pasos dados.

Al analizar los episodios que se consideraron relevantes para comprender las características de los productos nos ha resultado útil la diferenciación de Bereiter y Scardamalia (1987) entre los espacios del contenido y del discurso. Hemos hallado situaciones de interacción entre los dos espacios, como la que se muestra en la transcripción 1, en la que discuten acerca de cómo expresar el cálculo de la velocidad. Durante ese proceso, aclaran que el espacio que deben poner en la fórmula  $v = s/t$  no es el radio del movimiento circular, como indicaba Paula en la línea 658, sino que ella misma señala (línea 669) que radio y espacio recorrido se relacionan con la fórmula  $s = 2\pi r$ . Consideramos que las necesidades discursivas de detallar con claridad los datos y las transformaciones de los mismos les han ayudado a aclarar en el seno del grupo aspectos referentes a contenidos clave en el movimiento circular, que afectan al cálculo de la velocidad: la relación entre el espacio recorrido y el radio del movimiento. Ese caso y otros similares nos indican que la actividad de redacción de informes de laboratorio sirve de ayuda para el aprendizaje de contenidos disciplinares. Es decir, se produce una influencia positiva del espacio del discurso sobre el del contenido. Sin embargo, en cuanto a las discusiones referidas al proceso de redacción en sí, éstas son más bien escasas y de poco interés, como por ejemplo la mostrada en la transcripción 2, donde hacen propuestas acerca de cómo empezar, pero sin justificarlas basándose en cuál debe ser la estructura de un informe. En la segunda parte de la línea 401, Paula incluso deja abierta la posibilidad de exponer el material usado al tiempo que se van mostrando los datos obtenidos: es decir, no buscan separar las distintas partes de un informe científico, en este caso la metodología de los resultados.

Figura 1  
Fases durante la redacción del informe por los estudiantes.

LÍNEAS	FASE	
<b>Sesión 4</b>		
276-300	P <sub>1</sub> : Planificación	Tratan aspectos de tipo organizativo o de normas, como el tiempo disponible.
	↓	
300-391	E <sub>1</sub> : Escritura	Redactan automáticamente diversos aspectos: qué se hizo, los datos obtenidos, cómo era el montaje...
	↓	
391-460	P <sub>2</sub> : Planificación	Expresan qué partes debe tener el informe, aunque sin justificarlo basándose en los objetivos de la redacción.
	↓	
460-799	E <sub>2</sub> : Escritura	Escriben acerca de los materiales y de los datos, detallando de forma simultánea los pasos seguidos.
<b>Sesión 5</b>		
1-224	C <sub>1</sub> : Copiado	Cada alumno copia en una hoja el informe redactado en grupo el día anterior.

Transcripción 1. Sesión 4

Interacción entre los espacios del contenido y del discurso.

LÍNEA	ACTOR	TRANSCRIPCIÓN
657	Pili	Ahora hay que poner las cuentas.
658	Paula	Sí, hombre. Hay que saber cómo hallamos la velocidad. $S$ igual, partido por $t$ . $S$ era igual al radio del tal, y tenemos que decir cómo hemos medido el tiempo.
659	Pili	$V$ entre $t$ , no, que es $s...$ y $s$ era el radio...
660	Paula	El radio.
661	Pili	¿ $S$ es el radio?
662	Paula	Sí. Bueno, así lo hicimos.
663	Pili	¿Y cómo vamos a poner? El espacio, ¿todo es radio? Sí, claro..., sí, sí... y por...
...		
669	Paula	El radio, el radio es diez coma tres... y el espacio todo lo hallamos con la fórmula dos por $\pi$ por $r$ .
670	Paula	(Paula se pone a escribir ella).
671	Pili	Ya me parecía a mí un radio algo raro.
672	Paula	A ver... ee... ¿diez coma tres qué, centímetros?

Transcripción 2. Sesión 4

Discusión acerca del proceso de redacción.

LÍNEA	ACTOR	TRANSCRIPCIÓN
393	Paula	Y hay que decir lo del motor.
394	Pili (leyendo)	Espera... estudiar empíricamente la relación entre la fuerza centrípeta y la velocidad y el radio de un movimiento, en este caso... Primero, lo que hicimos, ¿no?
...		
399	Paula	Primero, pero primero tendremos que decir lo que... primero...
400	Pili	Primero cogemos la fórmula tal.
401	Paula	No, pero primero tendremos que decir las cosas que nos da, ¿no?... o lo podemos decir cuando hallemos el tiempo.

**DISCUSIÓN**

Los resultados de este estudio muestran una mejora significativa en los informes de laboratorio elaborados por los estudiantes del caso analizado conforme a los criterios diseñados a partir del momento en que se les proporcionó información acerca de la estructura de dichos informes. La confección de los mismos sin que les sea proporcionada a los estudiantes retroalimentación acerca de cómo mejorarlos, aunque hemos visto que puede resultar útil para el aprendizaje de contenidos relacionados con la tarea, en los casos estudiados no ha conducido a la mejora de los informes entregados.

En los casos analizados, los estudiantes, antes de escribir instrucción específica, escribían informes insatisfactorios en algunas dimensiones propias de los informes de investigación escritos por verdaderos científicos. Así, no mostraban inicialmente un pequeño resumen de la investigación hecha, de la cual tampoco justificaban el interés. Además, tampoco exponían los aspectos más importantes del marco teórico relevante. Por contra, sí explicaban procedimientos, mostraban datos y su transformación y hacían conclusiones explícitas. Consideramos razonable

la existencia de estas carencias con respecto a la estructura habitual de los informes científicos, teniendo en cuenta que tal estructura ha sido desarrollada durante siglos para responder con eficacia al propósito de permitir a los científicos documentar sus investigaciones (Keys, 1999), y no cabe esperar que los estudiantes escriban informes con esa estructura sin recibir instrucción específica.

Nuestra explicación de las carencias concretas observadas es que los estudiantes trataron de redactar los informes de laboratorio empleando la estructura con que se suele realizar la presentación de la resolución de muchos problemas o ejercicios habituales en la enseñanza de la física y de la química en secundaria. En la presentación habitual por parte de los estudiantes de la resolución de los ejercicios o problemas tradicionales que se les proponen, se valoran aspectos como la claridad, esperándose que muestren detalladamente las operaciones hechas con los datos, los resultados y, en ocasiones, interpretaciones de los resultados. Por el contrario, raramente se les pide que justifiquen el interés del problema o ejercicio (lo cual, en todo caso, se hace en el enunciado, no en la resolución, puesto que no son ellos los que escogen el problema), ni se espera que inicien la redacción de la resolución mostrando un peque-

ño resumen de la misma, ni se supone que deban repasar los conocimientos más relevantes (ya que simplemente se espera que los apliquen, por lo que sólo es necesario que los hagan explícitos si el enunciado lo solicita). Los estudiantes han tratado de aplicar las convenciones de un género de escritura perteneciente más a la cultura escolar que a la verdadera cultura científica: han redactado informes de investigación con estructura correspondiente a la presentación de la resolución de problemas o ejercicios escolares. La estructura de este género no es del todo apropiada para la verdadera escritura científica de informes de investigación, de ahí las deficiencias observadas. Esta interpretación también resulta válida para el análisis de los datos provenientes de las transcripciones del proceso de escritura, ya que, en algunas fases de la redacción (por ejemplo, fase E<sub>2</sub>), hemos observado que no separan la descripción de los materiales o la exposición de los datos de la narración de los pasos seguidos, lo cual pensamos que también es coherente con el género de la presentación de la resolución de problemas o ejercicios escolares. En este último género, se suele resolver el ejercicio o problema en cuestión introduciendo directamente los datos en las fórmulas pertinentes, pero sin que tenga sentido escribir los datos separadamente, puesto que éstos suelen ser proporcionados en el enunciado del problema o ejercicio por la persona que se supone que va a revisarlo. El objetivo del género consistente en los informes de investigación es mostrar las investigaciones propias a una comunidad de iguales, mientras que el objetivo del género consistente en la presentación de la resolución de problemas o ejercicios escolares habituales de física y química es permitir ver a alguien, generalmente el profesor, si el que escribe maneja correctamente los datos que se le han proporcionado para determinar algo que se le ha pedido. Como los objetivos de ambos géneros son muy distintos, usar la estructura sintáctica de uno cuando correspondería usar la del otro no conduce a resultados satisfactorios y, al no haber nada que haga ver a los estudiantes las deficiencias que se producen en los informes que elaboran, no se observa una mejoría en los mismos hasta que interviene el profesor dándoles información adecuada.

Los resultados de este estudio indican que la mejora de la escritura científica es posible mediante la práctica supervisada por el profesor. Los contextos de resolución de problemas en el laboratorio trabajando en pequeño grupo permiten el progreso de los estudiantes también en un aspecto tan propio de la cultura científica como es la escritura usando sus géneros específicos, pero la asistencia prestada por el profesor, concebida como andamiaje, ha sido clave. En el caso aquí analizado ha sido vital que se les proporcionase información relevante acerca del género de escritura científica que correspondía usar, y esa información ha consistido en una explicación por escrito acerca de la estructura de los informes científicos, la cual se complementó verbalmente. Hemos visto que esa explicación proporcionada era la principal causa de la mejoría de los informes. Para darles a los estudiantes una retroalimentación útil y así poder dirigir la acción educativa hacia lo que no son capaces de hacer solos pero sí con ayuda, es necesario que el profesor acceda a la información acerca del proceso de enseñanza-aprendizaje que le permita hacerlo. En este caso, se han usado los informes de los estudiantes para ver hasta dónde eran capaces de

llegar y prestarles con éxito asistencia para que fueran capaces de ir más allá de sus limitaciones. Pensamos que la supervisión por parte del profesor o profesora de los informes elaborados por los estudiantes le permite planificar su intervención educativa concibiéndola como andamiaje dirigido a la zona de desarrollo próximo de los alumnos y alumnas. El análisis de las transcripciones del proceso de resolución de una tarea y de la redacción del informe correspondiente por los estudiantes indica que ellos seguían por sí solos un proceso de redacción de los informes bastante automático, con fases de planificación de la escritura escasas y de bajo nivel en cuanto a los argumentos ofrecidos en favor de una u otra opción de escritura, quizás porque carecían de criterios para justificar sus propuestas acerca de cómo abordar la redacción del informe. Por ejemplo, no se produjeron situaciones que evidenciaran que los estudiantes participantes buscaran definir mejor los apartados de los informes. Ante esta situación, consideramos que es necesaria algún tipo de intervención por parte del profesor, como, por ejemplo, la aquí adoptada, consistente en darles información sobre los apartados de los informes de laboratorio.

En la escritura de informes de investigación por verdaderos científicos, la necesidad de conseguir una comunicación eficaz entre iguales y el interés por presentar las indagaciones propias como relevantes para la comunidad actúan como heurísticas que guían el proceso de escritura. Pero en un contexto escolar tradicional no hay razones que justifiquen que los estudiantes compartan esas motivaciones en el grado suficiente, por lo que no hay unos objetivos compartidos que sirvan de modo heurístico para guiar el proceso de redacción de informes. Creemos que un contexto de investigación en el aula lo más parecido posible a un contexto de investigación científica real puede servir de plataforma para la adquisición de habilidades científicas tales como la escritura usando géneros científicos, puesto que, en esa situación, la adquisición de esas habilidades tiene sentido para los estudiantes. Algunas actividades que podrían servir para ayudar a mejorar la escritura de informes de investigación podrían ser que los informes fuesen valorados por otros grupos o que los informes fueran expuestos públicamente. En contextos educativos en los que se lleven a cabo actividades de aprendizaje como las anteriores, existirían necesidades de comunicación eficaz y de presentación atractiva de las indagaciones propias que podrían dar sentido a la conveniencia de, por ejemplo, separar bien los distintos apartados de los informes o de aclarar convenientemente el marco conceptual usado, como sucede en la redacción de informes de investigación por verdaderos científicos. La influencia de esas actividades instruccionales sobre la calidad de los informes elaborados por los estudiantes puede ser una interesante línea de investigación a desarrollar.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha hecho en el marco del proyecto BSO2002-04073-C02-02, patrocinado por el MCYT (con financiación parcial del FEDER).

El autor agradece a los revisores del artículo sus interesantes sugerencias, las cuales permitieron su mejora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEREITER, C. y SCARDAMALIA, M. (1987). *The psychology of written composition*. Hillsdale: Erlbaum.

BRITTON, J. (1970). *Language and learning*. Nueva York: Penguin Books.

BROWN, A.L. y FERRARA, R.A. (1985). Diagnosing zones of proximal development, en Wertsch, J.V. (ed.). *Culture, communication and cognition: vygotskian perspectives*. Nueva York: Cambridge University Press.

BROWN, J.S., COLLINS, A. y DUGUID, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, pp. 32-42.

CAZDEN, C.B. (1991). *El discurso en el aula*. Barcelona: Paidós.

CHINN, C.A. y MALHOTRA, B.A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86, pp. 175-218.

DÍAZ, J. y JIMÉNEZ, M.P. (1999). Aprender ciencias, hacer ciencias: resolver problemas en clase. *Alambique*, 20, pp. 9-16.

ELLIOT, J. (1993). *El cambio educativo desde la investigación-acción*. Madrid: Morata.

FLORENCE M.K. y YORE, L.D. (2004). Learning to write like a scientist: coauthoring as an enculturation task. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(6), pp. 637-668.

HODSON, D. y BENZCE, L. (1998). Becoming critical about practical work: changing views and changing practice through action research. *International Journal of Science Education*, 20(6), pp. 683-694.

JIMÉNEZ, M.P. (1997). *Memorias de investigación: orientaciones*. Documento interno 97-1 del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Santiago de Compostela.

JIMÉNEZ, M.P. (1998). Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), pp. 203-216.

KEYS, C.W. (1999). Revitalizing instruction in scientific genres: connecting knowledge production with writing to learn in science. *Science Education*, 83, pp. 115-130.

KEYS, C.W. (2000). Investigating the thinking processes of eight grade writers during the composition of an scientific laboratory report. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, pp. 676-690.

LATOUR B. y WOOLGAR, S. (1995). *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza.

LAVE, J. y WENGER, E. (1991). *Situated learning*. Nueva York: Cambridge University Press.

LINCOLN, Y.S. y GUBA, E.G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Newbury Park: Sage.

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, pp. 14-24.

McKERNAN, J. (1999). *Investigación acción y curriculum*. Madrid: Morata.

NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.

REIGOSA, C. y JIMÉNEZ, M.P. (2001a). Deciding how to observe and frame events in an open physics problem. *Physics Education*, 36(2), pp. 129-134.

REIGOSA, C. y JIMÉNEZ, M.P. (2001b). «Collaborative work in the vygotskian zpd: a case study in the chemistry laboratory». Trabajo presentado en el Tercer Congreso de Esera. Salónica (Grecia). Agosto.

RIVARD, L.P. (2004). Are language-based activities in science effective for all students, including low achievers? *Science Education*, 88, pp. 420-442.

ROTH, W.M. y BOWEN, G.M. (2000). Learning difficulties related to graphing: a hermeneutic phenomenological perspective. *Research in Science Education*, 30(1), pp. 123-139.

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.

STAKE, R.E. (1985). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata.

VYGOTSKI, L.S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.

WARWICK, P., STEPHENSON, P. y WEBSTER, J. (2003). Developing pupils' written expression of procedural understanding through the use of writing frames in science: findings from a case study approach. *International Journal of Science Education*, 25(2), pp. 173-192.

[Artículo recibido en febrero de 2005 y aceptado en octubre de 2005]

## ANEXO

**Indicaciones proporcionadas a los estudiantes para el informe de investigación** (*traducido del gallego*).

A partir de esta actividad, debéis elaborar vuestro informe siguiendo la estructura habitual de los trabajos científicos, con los siguientes apartados:

- 1) Resumen. Está compuesto de dos o tres líneas en las que se dice qué se ha hecho y qué resultado final se ha obtenido.
- 2) Introducción. En ella se habla de varias cosas: se justifica el interés de la investigación; se repasan los conceptos relevantes más importantes; y se dice qué cosas concretas se van a investigar.
- 3) Metodología. Se dedica a explicar el material y montaje empleados, fórmulas utilizadas...
- 4) Resultados. Básicamente son los datos obtenidos, expuestos en tablas, gráficas, etc., y explicados.
- 5) Conclusión. En este apartado se interpretan los resultados y se dice, razonadamente, qué cosas se pueden afirmar a partir de ellos. A veces, también se dice qué aspectos relacionados podría resultar interesante investigar.