

PROCESOS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

LUIS OTERO GUTIERREZ

RESUMEN

En este artículo se abordan en primer lugar, algunos problemas relacionados con los procesos como contenidos en la Enseñanza de las Ciencias. Se lleva a cabo una pequeña revisión acerca de la relación entre diversos tipos de contenidos y sobre la categorización de procedimientos. La parte principal del trabajo está dedicada a reflexionar sobre los principales problemas que aparecen a la hora de evaluar los procedimientos.

ABSTRACT

This article analyses, on the first place, some aspects involved in the processes in the teaching of Sciences. We try to review especially relations with other type of contents and the categorizations of processes. The main part of the work is dedicated to discuss some problems in assessment of processes.

PALABRAS CLAVE

Didáctica de las Ciencias, Procesos y contenidos científicos, Evaluación de los procesos.

KEYWORDS

Didactic of Sciences, Processes and scientific contents, Assessment of processes.

1. INTRODUCCION

Durante los años 60 y 70 aumentó considerablemente la importancia prestada a la dimensión de procesos y habilidades en la enseñanza de las Ciencias (Caamaño, 1988). Las nuevas orientaciones adoptadas en el diseño curricular de la enseñanza secundaria han llevado a incluir, dentro de los contenidos de la enseñanza, la categoría de procedimientos en pie de igualdad con los conceptos y las actitudes. Se justifica así el interés de tratar este tema y, en especial, abordar algunos problemas relativos a su evaluación.

La extensión de una enseñanza centrada en los procesos como reacción al modelo tradicional de transmisión de información, fue debida a un conglomerado de causas en las que se incluyen concepciones epistemológicas, necesidades del sistema educativo, modelos de aprendizaje, etc. Si bien en nuestro país no tuvo una influencia grande -en concordancia con el escaso desarrollo de la didáctica- conformó muchos de los materiales de referencia en la innovación educativa (recuérdense los proyectos Nuffield). El método científico, como compendio de los procedimientos paradigmáticos de las ciencias, apareció como el objetivo

central del área de Ciencias (Ruiz y Oñorbe, 1976) llegándose en ocasiones a despreciar cualquier otro tipo de contenido (Salas, 1983).

Con la aparición de nuevas tendencias en la filosofía de la Ciencia y, sobre todo, con el desarrollo del marco constructivista en la didáctica, el enfoque basado en los procesos del método científico fue duramente criticado entrando en crisis junto con el modelo de aprendizaje por descubrimiento (Gil, 1983, Millar y Driver, 1987).

Sin embargo, debido al considerable impulso que esta tendencia había tomado y a la cantidad de materiales producidos, el debate alrededor de los procesos está lejos de estar cerrado. En el Reino Unido la inclusión de las habilidades de procedimiento en los exámenes para el GCSE (General Certificate of Secondary Education) han puesto de nuevo el tema sobre la mesa (Wellington, 1989). Es posible que, también en nuestro país, la elaboración de los proyectos curriculares suscite reflexiones sobre el papel que deben jugar los procesos.

No vamos a desarrollar aquí toda la polémica. Únicamente señalaremos de forma resumida, nuestra posición sobre el tema.

- Los procesos deben formar parte de los contenidos del área de Ciencias. Es de la máxima importancia que los alumnos lleven a cabo actividades de observación, diseño de experiencias, etc. y, lo que es más importante, que sean conscientes de que las están realizando.

- Los procesos están ligados a otros contenidos. Deben ser aprendidos y evaluados en relación a los conceptos y actitudes. Es posible que determinados procedimientos sean transferibles a otras áreas pero sólo en el caso de que los campos de conocimiento sean próximos.

- En ningún caso parece adecuado caracterizar la Ciencia por el tipo de procedimientos que emplea. Esto supondría una concepción deformada de la Ciencia. El papel de la teoría y de los factores sociales que influyen en su desarrollo no deben olvidarse.

- Las habilidades de proceso se aprenden. La consideración de los procesos o procedimientos origina una serie de actividades específicas de aprendizaje dependientes de otros contenidos. Es posible definir diferentes grados de adquisición de estas habilidades lo que permite su evaluación.

Una vez definida la posición de partida, conviene considerar con mayor detenimiento la definición de estos procesos o procedimientos.

2. DE QUÉ PROCESOS HABLAMOS

La definición de procedimiento como un conjunto de operaciones ordenadas y dirigidas a una meta determinada (Coll, 1987) plantea algunas dudas. Tal definición daría cuenta de algunas habilidades manipulativas (medir con una balanza, seguir un algoritmo) pero dejaría fuera otros procedimientos donde es imposible fijar un orden determinado al depender la actividad del contexto (por ejemplo, el diseño de un experimento). Por otro lado, cabría la posibilidad de entender los procedimientos como técnicas y, además, en un sentido restringido (mecánico) lo que podría inducir a un modelo de aprendizaje por repetición.

Siguiendo a Millar (Millar, 1989), conviene adjetivar los procesos de los que hablamos: procesos científicos, es decir, procesos empleados en la construcción de conocimientos en el área de las Ciencias experimentales. Si bien esta precisión no parece de gran ayuda, es una indicación de la insoslayable relación entre los procesos y otros contenidos.

Entendidos así los procesos o procedimientos formarían el "*saber hacer*" junto al "*saber*" sobre hechos y conceptos. Es decir, esperamos que un alumno, además de recordar y conocer una serie de hechos, conceptos, principios y teorías, pueda poner en marcha una serie de procesos que le lleven a la identificación y resolución de problemas, o, lo que es lo mismo, a la construcción de nuevos conocimientos.

Se puede discutir si la identificación y selección de procesos debe tomar como referencia la historia de la ciencia y el análisis de la actividad científica o, si debe primar un análisis del proceso de aprendizaje. En todo caso, lo que no ofrece ninguna duda es que podemos identificar procesos característicos.

La presencia de unos u otros procesos y la importancia relativa que se asigne configuran diferentes modelos de aprendizaje. La preponderancia de una observación ingenua y la tendencia a generalizar precipitadamente configuran lo que Gil (Gil, 1983) ha denominado "metodología de la superficialidad". La superación de esta metodología se realiza dentro de una estrategia de cambio metodológico ligado al cambio conceptual y actitudinal. Para nosotros este *cambio metodológico* consiste, en definitiva, *en trabajar y priorizar unos procesos o procedimientos en vez de otros*.

3. CATEGORIZACION DE PROCESOS

Se dan muchas divergencias a la hora de enumerar y clasificar los procesos fundamentales en la enseñanza de las ciencias. Las razones de tal diversidad son complejas y se refieren a enfoques de tipo filosófico, epistemológico, didáctico, etc. Revisaremos a continuación algunas de las propuestas para proponer al final nuestra opción.

Fairbrother (1988), analizando las propuestas de distintos tribunales examinadores del Reino Unido, identifica y clasifica los siguientes procedimientos:

Habilidades específicas: seguir instrucciones, seleccionar y manejar aparatos, seleccionar y manejar materiales, observar, medir, registrar.

Habilidades generales: comunicar, seleccionar técnicas, formular hipótesis, identificar un problema, interpretar datos, elaborar conclusiones, evaluar métodos, sugerir mejoras, sugerir controles, trabajar con seguridad.

Operaciones: organizar una investigación, planificar una secuencia, diseñar un experimento, realizar una investigación.

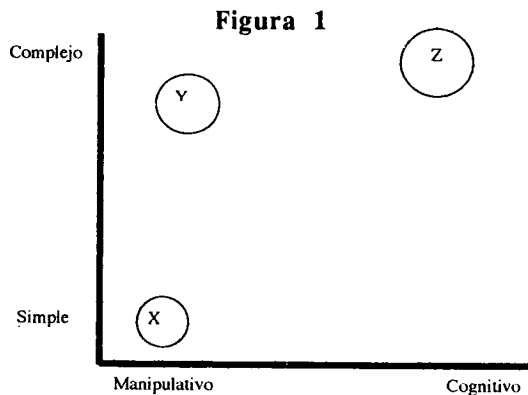
Siguiendo un criterio diferente Giddings y Fraser (1990) ordenan los procesos en cuatro fases:

1. *Planificación*: formulación de cuestiones, predicción de resultados, formulación de hipótesis contrastables, diseño de procedimientos experimentales.
2. *Realización*: llevar adelante el experimento, manipular materiales, tomar decisiones sobre técnicas de investigación, observar y recoger datos.
3. *Análisis e interpretación*: procesar datos, explicar relaciones, generalizar, examinar la exactitud de los datos, señalar supuestos y limitaciones, formular nuevas preguntas basadas en la investigación.
4. *Aplicación*: hacer predicciones para situaciones nuevas, formular hipótesis sobre la base de los resultados de investigación, aplicación de las técnicas de laboratorio a nuevos problemas.

Como puede apreciarse fácilmente existe una fuerte tendencia a relacionar los procesos con el trabajo de laboratorio. Esta tendencia puede explicarse como herencia de los planteamientos en la enseñanza de las Ciencias centrados en el método científico. Tal y como señala Fairbrother (1989) este planteamiento está lejos de ser el deseable.

El enfoque de Kempa (1986) es más convincente. Sitúa los procesos en dos dominios: *cognitivo* y *manipulativo*, advirtiendo que más que dos conjuntos estancos se trataría de un continuo. De esta forma, existirían procesos situados preferentemente en el dominio cognitivo como, por ejemplo, la planificación de experimentos, mientras que otros como la realización de experimentos estarían situados en el dominio manipulativo. Padilla (1984) distingue entre *destrezas o habilidades* básicas -como observar o clasificar- y *habilidades integradas* - como contrastar variables o interpretar datos-. En las guías del SSCR (1987) encontramos una diferenciación semejante: las destrezas serían "*actividades específicas para las que se puede entrenar*" mientras que los procesos propiamente dichos serían "*actividades racionales que implican una serie de habilidades*".

Podemos concluir, por tanto, que cualquier proceso vendrá definido por su situación en un espacio de dos dimensiones: una correspondiente al continuo cognitivo-manipulativo y, la otra, definida por lo simple-complejo. La figura siguiente ilustra unos ejemplos.



- X = Manejo de aparatos (recipientes)
- Y = Realización de un experimento
- Z = Identificación de un problema

Para seleccionar aquellos procesos básicos en la enseñanza de las Ciencias hemos revisado una serie de trabajos que se resumen en el cuadro. Se han seleccionado aquellos procesos que, por lo menos, fuesen citados por dos autores.

Hemos de advertir, que no se puede asegurar una identidad de definiciones para el mismo proceso y ello por dos razones. En primer lugar, las diferencias en las concepciones sobre la Ciencia y su aprendizaje. Como ejemplo, reproducimos la definición de observación de Smith y Welliver (1990):

Observación: información aprehendida directamente por los sentidos.

Definiciones epistemológicas tan dudosas como esta difícilmente pueden ser compartidas por la mayoría de autores.

Las diferencias aparecen también en el nivel de generalidad con que los diferentes autores definen los procesos. Así sólo un autor de los revisados no cita la observación pero esta aparece incluida dentro de un proceso más general denominado recogida de datos.

El cuadro I recoge los resultados de nuestra revisión.

Cuadro I

<i>PROCEDIMIENTOS</i>	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Observación	X	X	X	X	X	X	X		X
Clasificación						X	X		
Recogida de datos	X		X		X			X	
Interpretación de datos	X	X	X		X	X	X	X	
Búsqueda de regularidades				X			X	X	
Emisión de hipótesis	X					X	X	X	
Inferencia						X	X	X	
Planificación de experimentos	X	X	X	X	X		X	X	X
Realización de investigaciones		X		X	X	X	X	X	
Resolución de problemas			X	X			X		
Resolución de problemas técnicos				X			X		
Realización de medidas	X		X	X	X	X	X		
Uso de instrumentos de medida		X	X	X					
Identificación de problemas	X				X				
Representaciones gráficas		X	X				X		
Comunicar	X					X	X		X
Explicar regularidades				X			X		
Predecir						X	X		
Elaborar conclusiones							X	X	

A: Proyecto STAR (Primary Science Teaching Action Research)

B: A.P.U. Assesment of Performance Unit.

C: Sparks y Soper

D: D.E.S. Departament of Education and Science U.K.

E: Kempa R.

F: Smith and Welliver

G: Jiménez, Barral y Otero

H: Lock R.

I: Ross y Maynes

4. PROCEDIMIENTOS ESPECIFICOS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Una vez revisadas las propuestas, hemos elaborado una lista de procesos (Cuadro II) que a nuestro entender son los básicos y específicos de la enseñanza de las Ciencias. Nuestro criterio ha sido considerar el aprendizaje de las Ciencias como resolución de problemas. Entendemos como problemas todo tipo de situaciones cuya comprensión o resolución exigen de los alumnos actividades de tipo manipulativo y cognitivo. Estas actividades son similares a aquellas que los científicos desarrollan en su actividad profesional. Las situaciones problemáticas, por otro lado, pueden presentarse al alumno de formas diversas: desde trabajos prácticos a ejercicios de lápiz y papel.

Cuadro II

<i>CATEGORIAS</i>	<i>SUBCATEGORIAS</i>
Manipulación	Manejo de aparatos Realización de acciones en la secuencia correcta
Observación	Realización de observaciones precisas Lectura de instrumentos
Interpretación	Interpretación de las observaciones Indicación de fuentes de error Clasificación Ordenación Búsqueda de regularidades
Planificación de investigaciones	Identificación de problemas Emisión de hipótesis Reconocimiento de variables Secuenciación de acciones a realizar
Realización de investigaciones	Evaluación del diseño Reformulación del problema Elaboración de conclusiones: - Generalizaciones - Formulación de modelos
Comunicación	Uso del lenguaje científico Recogida de datos Lectura de información

5. ALGUNOS PROBLEMAS EN LA EVALUACION DE LOS PROCEDIMIENTOS

La evaluación ha sido durante mucho tiempo "la pariente pobre" en la didáctica. Un exceso de idealismo ha llevado a la introducción de innovaciones sin desarrollar los instrumentos de evaluación pertinentes. En el aula esto supone que al cabo de un tiempo la innovación deja de existir o no es percibida por los alumnos como importante. En palabras de M. Linn (1987) "cualquier intento de mejora de los procesos de enseñanza está condenado al fracaso si no va acompañado de un perfeccionamiento de los modelos y técnicas de evaluación".

El énfasis que se viene poniendo en la necesidad de equilibrar los contenidos del área de Ciencias mediante la toma en consideración no solo de los aspectos conceptuales sino también de los procedimentales y actitudinales debe, por tanto, ir acompañado de una reflexión sobre la evaluación y de un desarrollo de instrumentos adecuados. En esta línea nos proponemos reflexionar sobre tres problemas que consideramos claves en la evaluación de procedimientos:

1. ¿Se pueden evaluar los procesos independientemente o deben relacionarse con los contenidos conceptuales y actitudinales?
2. ¿Tiene sentido evaluar los diferentes procesos de forma aislada (enfoque atomista) o bien, habrá que hacerlo de forma integrada en el transcurso de actividades complejas (enfoque holista)?
3. ¿Evaluaremos a través de resultados o lo haremos de forma continua siguiendo el proceso?

6. LA RELACION ENTRE CONTENIDOS

En la década de los 70, alentados por el establecimiento del currículum centrado en los procesos, se desarrollaron una gran cantidad de instrumentos de evaluación. En la revisión realizada por Doran (1978) se citan algunos, como el P.O.S.T., en el que explícitamente se niega la necesidad de conocimientos de la disciplina (Biología en este caso) para la obtención de calificaciones altas en el test. Por su parte Smith y Welliver (1990) afirman que el S.P.A. (Science Process Assessment) es independiente del contenido. Igual constatación puede encontrarse en Strawitz (1989) a propósito del T.I.P.S.

Lock (1990) no encuentra resultados concluyentes en la literatura que revisa a propósito de la relación entre procesos y contenidos conceptuales. De los resultados de su propia investigación se deduce que, en lo que se refiere a habilidades de observación y comunicación, hay una clara dependencia del contexto. Únicamente aparece como generalizable la habilidad de interpretación mientras que en el resto de las habilidades estudiadas los resultados no ofrecen conclusiones claras.

Sin embargo, desde otras perspectivas no ligadas directamente al trabajo de investigación, hay aportaciones de interés. Brook, Driver y Johston (1989) ofrecen ejemplos de como, en la práctica de clase, aparece la relación entre los procesos puestos en marcha por

los alumnos y los marcos conceptuales de partida. También Millar (1989), reflexionando sobre el método científico, muestra la relación entre los procesos y las teorías.

A la vista de lo anterior, nos inclinamos por considerar a los procesos como contenidos específicos de las ciencias y, por lo tanto, de ahí se sigue la posibilidad de definir objetivos evaluables. Ahora bien estos objetivos sólo serán evaluables dentro de los marcos conceptuales propios del área, y por lo tanto, las actividades e instrumentos de evaluación habrán de diseñarse en consecuencia.

El área de Ciencias debe perseguir que los estudiantes, por ejemplo, diseñen experimentos para comprobar propiedades de la materia, características de las transformaciones de energía o de la propagación de la luz. Si de ahí se sigue una mejora de la competencia de los estudiantes para interpretar datos o elaborar conclusiones respecto de contenidos de otras áreas tanto mejor. Pero en ningún caso se trata de trabajar los procesos aparte (Esperemos que pronto desaparezca de nuestros materiales y libros de texto la famosa Unidad O Dedicada al método científico).

7. SEPARACION O INTEGRACION DE PROCESOS

El problema se plantea cuando, partiendo de un conjunto determinado de procesos, abordamos el diseño de actividades de evaluación: ¿diseñaremos actividades específicas para cada subcategoría (observar, medir, registrar) o evaluaremos actividades complejas (realización de un experimento)?

La investigación en didáctica se ha planteado el problema de averiguar la correlación entre habilidades para dilucidar si una habilidad puede contribuir de forma discreta, independiente, a la evaluación global. El interés de la cuestión está en determinar si al proponer actividades de evaluación específicas para cada habilidad estamos midiendo aspectos distintos o simplemente repitiendo la evaluación.

Lynch y Webb (1988) constatan la independencia de las habilidades manipulativas respecto del resto. Por su parte Lock (1989) sólo encuentra una correlación significativa entre la interpretación de datos y la planificación de experimentos. Este resultado no es extraño dada la situación de ambos procedimientos en el dominio cognitivo. Los resultados de Padilla (1984) lo confirman. Utilizando un test para la evaluación de procesos y otro para fijar niveles piagetianos, encuentra relaciones significativas entre los citados niveles y lo que él denomina "destrezas integradas" que son, precisamente, las de alta demanda cognitiva (controlar variables, interpretar datos, etc).

No hemos encontrado en la literatura revisada argumentos definitivos que zanjen la alternativa enfoque atomista-holista. A la espera de mayores precisiones enumeraremos las características de cada tipo de evaluación:

Separación de procesos:

- Exige una preparación cuidadosa de actividades.
- Permite una mayor precisión en las calificaciones.
- Da una imagen desarticulada de la ciencia.
- Facilita el trabajo de corrección pero consume más tiempo.

Procesos integrados:

- Tiene mayor dificultad de evaluación.
- Ofrece una imagen articulada de la ciencia.
- Consume menos tiempo de alumno pero más del profesor.

De tener que destacar algún criterio nos inclinaríamos por la visión de la ciencia que ofrece uno u otro enfoque (Fairbrother, 1988).

8. RESULTADOS O PROCESOS

Se trata de elegir qué indicadores se van a tomar en cuenta para realizar la evaluación: el resultado final del proceso (reflejado en un informe, un resultado o un montaje) o los aspectos de la actividad del alumno mientras la lleva a cabo.

Ante esta decisión los aspectos instrumentales tienen una importancia decisiva. La familiaridad de los profesores con la evaluación de trabajos escritos inclinaría la balanza hacia los resultados. Sin embargo es muy interesante reflexionar sobre la clasificación que Fairbrother (1988) plantea a este respecto. Atendiendo a las características del "producto final" los procesos se agrupan en:

Permanentes: como la selección de aparatos, comunicación, emisión de hipótesis, elaboración de conclusiones, etc.

Semipermanentes: como la observación, medida, organización de la investigación, diseño y realización de experimentos, etc.

Efímeros: como seguridad en el trabajo, manejo de aparatos y sustancias, etc.

Las permanentes podrían ser evaluadas a partir de resultados si bien hay que tener en cuenta que siempre vendrían matizadas por la capacidad de comunicación del alumno.

En las semipermanentes también podríamos escoger los resultados aunque hay aspectos que se nos escaparían. Piénsese, por ejemplo, en la riqueza del funcionamiento en grupo.

Por último, las efímeras exigen una observación directa. Ello supone una cuidadosa elaboración de fichas de observación y una organización de la clase determinada. Aspectos ambos que demandan una cierta calidad en las condiciones de trabajo del profesor.

9. A MODO DE CONCLUSION

La inclusión de los procedimientos como contenidos del mismo nivel que los conceptos y teorías plantean una serie de tareas de investigación e innovación. Entre las primeras nos parece de mayor urgencia la definición de lo que debe entenderse por "cambio metodológico", las condiciones en que se da y las estrategias a utilizar.

En cuanto a la innovación, la preparación de instrumentos de evaluación de procedimientos puede posibilitar un cambio real en la práctica del aula y la correspondiente acumulación de experiencia para posteriores mejoras.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CAAMAÑO, A. (1988): "Tendencias actuales en el currículo de Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias* 6(3), pp. 265-277.
- COLL, C. (1987): *Psicología y curriculum*. Barcelona, Ed. Laia.
- DORAN, R.L. (1978): "Measuring the 'Processes of Science' objectives". *Science education* 62(1), pp. 19-30.
- FAIRBROTHER, R.W. (1989): *Problems in the assessment of scientific skills* en Wellington, J. (editor) (1989).
- FAIRBROTHER, R.W. (1988): *Assessment of practical work for the GCSE*. York, Ed. Longman.
- GIDDINGS, G.J. y FRASER, B.J. (1990): "Some important areas of student assessment in science teaching". *The Australian Science Teaching Journal* 35(4), pp. 71-80.
- GIL PEREZ, D. (1983): "Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias* 1(1), pp. 26-33.
- KEMPA, R. (1986): *Assessment in science*. Cambridge University Press.
- LYNCH, P.P. y WEBB, P. (1988): "Linking the aims of practical work to assessment procedures in teaching situations". *Research in Science Education*, 18 pp. 250-267.
- LOCK, R. (1990): "Assessment of practical skill. Part 2ª". *Research in Science and Technological Education* 8(1), pp. 21-28.
- LOCK, R. (1990): "Assessment of practical skill. Part 1ª". *Research in Science and Technological Education* 7(2), pp. 221-233.
- MILLAR, R. y DRIVER, R. (1987): "Beyond processes". *Studies in Science Education* 14, pp. 33-62.
- PADILLA, M.J. y OKEY, J.R. (1984): "The effects of instruction on integrated science process skill achievement". *Journal of Research in Science Teaching* 21(3), pp. 277-287.
- RUIZ, A. y OÑORBE, A. (1977): *Método científico. La enseñanza de las Ciencias en la 2ª etapa de EGB*. Ed. Nueva Escuela. Madrid.
- SALAS, H. (1983): "¿Conceptos o procesos?". *Enseñanza de las Ciencias* 1(2), pp. 109-114.
- SMITH, K.A. y WELLIVER, P.W. (1990): "The development of a science process assessment for fourth-grade students". *Journal of Research in Science Teaching* 27(8), pp. 727-738.
- SSCR (1987): *Better Science: assessing progress*. SSCR curriculum guides nº 11.
- Strawitz, B.M. (1989): "The effects of testing on science process skill achievement". *Journal of Research in Science Teaching* 26(8), pp. 659-664.
- WELLINGTON, J. (Editor) (1989): *Skills and processes in Science education*. London, Ed. Routledge.