

DESARROLLO DE RAZONAMIENTOS CIENTÍFICOS EN LA FORMACIÓN INICIAL DE MAESTROS

ANDRÉS RAVIOLO
PAULA SIRACUSA
MARGARITA HERBEL
ANA SCHNERSCH

RESUMEN

En este artículo se presentan los resultados de una investigación (Universidad Nacional del Comahue, Argentina) consistente en: (a) una indagación sobre el dominio de ciertos razonamientos científicos por parte de alumnos que ingresan a la formación inicial del profesorado de nivel primario y de nivel infantil realizada durante tres años consecutivos; (b) un estudio sobre la existencia de correlaciones entre la adquisición de estos razonamientos y el rendimiento en distintas áreas de conocimiento del primer año de carrera; y (c) la evaluación de la eficacia de una propuesta sistemática de enseñanza de los razonamientos científicos tratados como contenidos procedimentales, llevada a cabo durante un semestre.

ABSTRACT

In this article, the research results (National University of Comahue, Argentina) are shown in three parts: (a) a three year inquiry about some scientific reasoning mastered in the first year of preservice primary and kindergarten teachers; (b) a study of the existence of correlations between scientific reasoning performance and academic performance in different subject matters; and (c) the evaluation of a systematic teaching proposal of these scientific reasonings, considering them as procedural contents, carried out during one semester.

PALABRAS CLAVE

Formación inicial del profesorado, Razonamientos científicos, Propuesta de enseñanza.

KEYWORDS

Teacher education, Scientific reasonings, Teaching proposal.

INTRODUCCION

Esta investigación se origina en un estudio preliminar realizado durante los años 1996 y 1997 en el área de Ciencias Naturales del Instituto de Formación Docente Continua Bariloche. En esos años se suministró el test TOLT (Test of Logical Thinking), validado por Tobin y Capie (1981), a 277 estudiantes ingresantes a la carrera docente. Este test evalúa la adquisición de operaciones de pensamiento formal (Inhelder y Piaget, 1955) y hace referencia a razonamientos como: proporcionalidad, control de variables, probabilidad, correlación y combinatoria.

Se obtuvieron resultados extremadamente bajos (puntaje cercano a 2, de un total de 10) y, además, mucho menores a otros resultados de alumnos universitarios de otras carreras e incluso de alumnos de nivel secundario de esta ciudad. También se comprobó que los resultados de este test tenían una correlación positiva con el rendimiento académico en dos áreas de conocimiento: Ciencias Naturales y Matemática. El TOLT mostraba ser un buen predictor del éxito de los estudiantes, pero no del fracaso, dado que todo alumno que obtenía un puntaje mayor a 5 aprobaba los exámenes en primera instancia (sin considerar los exámenes recuperatorios).

El escaso desarrollo de estos razonamientos en los futuros docentes es preocupante. Debe tenerse en cuenta que estos razonamientos son necesarios, aunque no suficientes, para que como estudiantes aprendan Ciencias e imprescindibles para que puedan planificar y llevar adelante actividades experimentales con sus alumnos cuando ejerzan como maestros. Por ejemplo, se observa que los alumnos del nivel primario no logran controlar las variables en un experimento, ya que no identifican los factores que pueden estar influyendo en un fenómeno y actúan combinando todas las variables al mismo tiempo. Esto hace que no puedan atribuirle una causa a un determinado efecto, ni puedan sacar conclusiones objetivas de sus experiencias. El maestro debe ayudarles y guiarles en este proceso para que las actividades tengan sentido y, para ello, debe tener necesariamente adquiridos los razonamientos mencionados.

Ante la preocupación por el perfil de los alumnos que ingresan a la carrera de magisterio y notando que la enseñanza habitual, que abarca tanto contenidos científicos como didácticos, no producía cambios significativos en este tipo de razonamientos, surgió como necesario implementar una propuesta de enseñanza específica para tal fin que sea, en alguna medida, compensatoria de este déficit.

FUNDAMENTACIÓN

Una de las metas o finalidades aceptadas de la educación científica es “el desarrollo de destrezas cognitivas y de razonamiento científico” enunciada, por ejemplo, por Jiménez Aleixandre y Sanmartí (1997). Se consideran razonamientos científicos a formas o estrategias de pensamiento próximas a las que usan los científicos, dado que la ciencia es una actividad compleja que requiere capacidades intelectuales muy desarrolladas para su comprensión (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Para estos autores la teoría más elaborada sobre los fundamentos psicológicos de la comprensión de la ciencia sigue siendo la teoría del desarrollo cognitivo de Piaget y consideran al pensamiento formal piagetiano como una descripción psicológica del pensamiento científico.

Entre las principales críticas que se han realizado al enfoque del pensamiento formal [citadas, entre otros, por Carretero (1985) y Pozo et al. (1991)], pueden mencionarse brevemente tres:

- Dudas sobre la existencia de estadios en el desarrollo cognitivo, y específicamente sobre la existencia del estadio de operaciones formales.

- Debate en torno a si el pensamiento formal constituye una estructura en conjunto. Si los esquemas u operaciones formales se presentan de una forma homogénea o solidarios entre sí.

- Inconsistencias respecto a la dependencia del contexto en las tareas. Sobre la influencia del conocimiento de los contenidos específicos abordados en la tarea.

Respecto a las dos primeras críticas, en la experiencia que se ha desarrollado no ha interesado catalogar a los estudiantes en concretos o formales. Tampoco se ha apoyado en la consideración de que estos razonamientos constituyan una estructura de conjunto. Es decir, en la propuesta no se espera que el aprendizaje en un razonamiento específico pueda tener incidencia en otro. Sí se ha tenido en cuenta la tercera crítica en lo que se refiere a la dependencia del contexto y posible transferencia de estos razonamientos a diversos contenidos.

Al interpretar una tarea influyen aspectos que hacen al contenido en particular, a las ideas previas basadas en las experiencias de los sujetos cuyo origen está en la percepción, el lenguaje y la cultura. La influencia del conocimiento previo en el aprendizaje de las ciencias es indudable (Furió, 1996); por ello la consideración y desarrollo de las ideas de los alumnos se ha constituido en un contenido didáctico priorizado en la propuesta metodológica implementada.

Contrariamente, muchas concepciones alternativas que sostienen los estudiantes en temas científicos pueden interpretarse desde el no dominio de habilidades de pensamiento formal como el razonamiento proporcional (Pozo et al., 1991). Estos autores afirman, sobre la influencia de los factores contextuales:

“... y en último extremo las habilidades metódicas recogidas bajo el paraguas del pensamiento formal serían una condición necesaria pero no suficiente para resolver tareas científicas, ya que requerirían además conocimientos específicos sobre el área”.

Por su parte, Herron (1996) confirma esta idea de que existe una relación dinámica entre el contenido y el proceso intelectual que limita las generalizaciones de cualquier conocimiento, incluyendo las operaciones formales. Pero sostiene que esta generalización, de que toda habilidad está ligada a un contenido específico, va demasiado lejos. Aclara que no está en la misma condición, para poder controlar las variables en un área de conocimiento nueva, una persona que, por ejemplo, no controla las variables en ningún área que la que sí lo hace en algunas. Herron utiliza la analogía de aprender a manejar autos. Al comienzo existe una dependencia con el auto en particular, luego el sujeto puede adaptarse rápidamente a otro auto, también está en mejores condiciones para aprender a manejar un camión que una persona que no sabe conducir. Al introducir una habilidad, al inicio, existe poca o ninguna transferencia más allá de la tarea específica usada en la instrucción. Sostiene, en síntesis, que estas habilidades intelectuales generalizadas se aprenden.

Sobre lo que sí existe cierto consenso, con respecto a la transferencia de estas habilidades, es que un alumno que resuelve exitosamente situaciones diferentes (problemas, investigaciones) utilizando estos razonamientos adquiere auto confianza para

enfrentar un amplio rango de situaciones (Woolnough, 1991), por lo que existirían actitudes que se transfieren de una situación a otra.

La utilización de estos razonamientos, ya no sólo en campos disciplinares de conocimiento sino en la vida cotidiana de los sujetos, es otro aspecto de interés. En este trabajo se sostiene que estos razonamientos son estrategias muy utilizadas e imprescindibles para científicos, para aprender y enseñar ciencias, pero también resultan habilidades muy útiles para cualquier ciudadano en aspectos de su vida cotidiana. Por ejemplo, el control de variables y la proporcionalidad se aplican al comprar en el supermercado. Para elegir entre dos productos hay que verificar cuál es más económico a igual calidad e igual cantidad (control de variables). Si los productos no tienen igual cantidad se debe analizar si es, por ejemplo, proporcionalmente más barato el de mayor peso que el de menor peso.

Las críticas a la enseñanza de razonamientos pueden llevar a un estado de inmovilidad en donde el “enseñar a pensar” deje de formar parte de los objetivos educativos. Nickerson (1987) brinda distintas razones de por qué se debe enseñar a pensar y sostiene que el problema no es enseñar a pensar en un sentido absoluto, dado que todos pensamos, sino a pensar más efectivamente, más críticamente, con más coherencia y creatividad.

Las cuestiones anteriores adquieren una notable relevancia al hablar de la formación profesional docente, y por ello, sin adherir a posturas ingenuas y reconociendo la complejidad del tema, es necesario, para los responsables de un área de ciencias naturales, diseñar y evaluar propuestas de enseñanza de razonamientos científicos.

LA ENSEÑANZA DE RAZONAMIENTOS CIENTÍFICOS

A continuación se mencionan algunos aportes teóricos específicos que se han tenido en cuenta en la planificación y desarrollo de la propuesta de enseñanza, que complementan a los fundamentos expresados en la sección anterior.

La enseñanza de estas habilidades de pensamiento abstracto se conciben como parte de una propuesta de enseñanza de contenidos procedimentales (Pro Bueno, 1998) y éstos como parte de las habilidades necesarias para resolver problemas. La resolución de problemas, desde un enfoque metodológico actualizado, implica llevar adelante investigaciones que requieren un gran número de conocimientos y habilidades.

A pesar de que uno de los objetivos fundamentales de las prácticas de laboratorio es proveer oportunidades para el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico y de organización (Lazarowitz y Tamir, 1994), ha existido una discusión permanente en la Didáctica de las Ciencias en cómo llevar adelante este objetivo. Existe en la actualidad un debate entre dos posturas sobre la enseñanza de procedimientos científicos (Woolnough, 1991), extensible a la enseñanza de los razonamientos que estamos tratando. Estas dos posturas tratan sobre si la enseñanza de procesos debe hacerse aisladamente o en el transcurso de la resolución de problemas o investigaciones:

La *concepción atomista* defiende la necesidad de realizar actividades o ejercicios diseñados para el aprendizaje de procedimientos específicos, proceso por proceso, previamente a abordar actividades de carácter investigativo.

La *concepción holística* apoya la enseñanza de los procesos en el marco de las investigaciones, considera que los alumnos pueden realizar investigaciones desde el principio, en el curso de las cuales aprenderán los procedimientos con interacción de los compañeros y con la ayuda del profesor.

La complejidad de estos razonamientos y la imposibilidad de los alumnos de estar pendientes, al mismo tiempo, del aprendizaje de los procedimientos y de llevar adelante la investigación son argumentos a favor del enfoque atomista, pero también se argumenta que la introducción de muchas actividades para la adquisición de habilidades puede tornarse en un curso muy árido y poco motivador (Caamaño, 1992).

Sugerencias generales de estrategias de la enseñanza de contenidos procedimentales pueden encontrarse en Coll y Valls (1992) entre ellas: la secuencia (exposición del profesor, práctica guiada, práctica autónoma); imitación de modelos o expertos; mostrar la utilidad o beneficios del procedimiento; verbalización de lo actuado; reflexión sobre las actuaciones. Con respecto a la transferencia de los procedimientos aprendidos estos autores hacen referencia a la aplicación progresivamente diferenciada del procedimiento a otras situaciones o tareas.

Específicamente, con respecto a la enseñanza de razonamientos del tipo formal, Adey, Shayer y Yates (1995) realizan las siguientes propuestas metodológicas: experiencia inicial con el material concreto; discusión entre alumnos y compartir significados; conflicto cognitivo; metacognición; establecimiento de relaciones entre los razonamientos aprendidos y su aparición en el tratamiento del currículum corriente.

Todos concuerdan que las estrategias metacognitivas son, sin duda, uno de los recursos más destacados en el “enseñar a pensar”. La metacognición implica un examen activo y la consiguiente regulación y organización de los procesos psicológicos en relación con los objetivos cognitivos sobre los que versan, por lo general, al servicio de algún fin concreto (Flavell, 1976). Pozo (1996) afirma que los procesos de reflexión consciente permiten al sujeto acceder a sus propias representaciones y modificarlas. Se trata de que los que aprenden, por sí mismos, realicen decisiones informadas acerca de la reconstrucción de sus concepciones personales (Gunstone y Northfield, 1994). Para un acercamiento inicial al tema del metaconocimiento se puede recurrir, por ejemplo, a Moreno (1989). Esta autora sugiere que, dado que a la mayoría de los estudiantes no se les ha enseñado estrategias metacognitivas desde pequeños, sería conveniente hacerlo en todos los niveles de la educación incluido el universitario y la formación del profesorado.

METODOLOGÍA

El plan de investigación se desarrolló en cuatro etapas:

- realización de un diagnóstico general del perfil del ingresante a través de la administración de un test validado de razonamiento,
- establecimiento de correlaciones entre los resultados obtenidos en este test con los resultados académicos obtenidos en las distintas áreas durante el primer año,
- planificación y ejecución de una propuesta sistemática de enseñanza de estos razonamientos,
- evaluación de la evolución del aprendizaje de razonamientos y de la eficacia de la propuesta de enseñanza.

Población de estudio

En las dos primeras actividades se utilizaron datos de alumnos de primer año del profesorado de Nivel Primario y de Nivel Infantil (ambas carreras tienen el primer año en común), obtenidos durante los años 1996, 97 y 98 (en Argentina el año académico coincide con el año calendario). Las dos últimas etapas se llevaron adelante solamente con los alumnos del curso 1998. La población fue mayoritariamente femenina (90%) con una distribución de edades heterogénea: sólo un tercio de la población había egresado el año anterior de la escuela secundaria (17-19 años). El tamaño de las muestras y las medias de edades se muestran más adelante.

Instrumento

El TOLT (Test of Logical Thinking) validado por Tobin y Capie (1981) consiste en 10 ítems que tratan sobre 5 esquemas de pensamiento: razonamiento proporcional, control de variables, razonamiento correlacional, razonamiento probabilístico y razonamiento combinatorio (ver Cuadro 1). Se utilizó una copia del test traducida al castellano que fue enviada por los autores. En cada uno de los 10 ítems se debe elegir una respuesta y una razón para la misma; esta última permite evaluar el razonamiento seguido por el sujeto en su elección. Se considera el ítem correcto cuando se contesta bien ambos (respuesta y razón) y se le otorga 1 punto, por lo que el máximo puntaje es 10 y el mínimo 0. Posee tiempos y normas de administración.

CUADRO 1. *Ejemplo de ítem test TOLT*

<p><i>Problema 1: Jugo de naranja 1</i></p> <p>Cuatro naranjas grandes se exprimen para hacer seis vasos de jugo ¿qué cantidad de jugo puede obtenerse de seis naranjas grandes?</p> <p>a) siete vasos b) ocho vasos c) nueve vasos</p>

- d) diez vasos
- e) otro

Explicación de la respuesta

1. El número de vasos comparado con el número de naranjas siempre estará en una relación de tres a dos.
2. Con más naranjas la diferencia será menor.
3. La diferencia entre los números siempre será de dos.
4. Con cuatro naranjas la diferencia era de dos, con seis naranjas la diferencia sería de dos más.
5. No hay manera de predecir la cantidad de vasos de jugo.

Este test ha sido utilizado para evaluar la influencia del pensamiento formal en el aprendizaje de contenidos de distintas áreas, entre ellas la química, por ejemplo Gabel et al (1987) y Chandran et al (1987).

Para evaluar la efectividad de la propuesta de enseñanza se utilizó el mismo instrumento como pre y post test, al inicio y al final del semestre. Por ello y para evitar efectos sobre la validez del diseño, el test no fue discutido con los estudiantes e inmediatamente después de su administración se les entregó una serie de actividades incluidas bajo el nombre de *Razonando en el Supermercado* (REES), ver Cuadro 2. Esta guía de problemas, elaborada por nuestro grupo, es isomórfica al test TOLT pero trata con situaciones cotidianas en el supermercado. Se dio la posibilidad de discutir los razonamientos pero con las nuevas situaciones.

Propuesta de enseñanza

La propuesta de enseñanza llevada a cabo se basó en las consideraciones teóricas abordadas con anterioridad, fundamentalmente en estrategias metacognitivas sobre el aprendizaje de los razonamientos y la reflexión sobre su relevancia en la enseñanza en la escuela. Es decir, en cómo lo aprendí y por qué es necesario para mi tarea docente futura. Para ello se introdujeron preguntas como “¿cómo lo has resuelto?”, “¿qué razonamientos necesitará utilizar el maestro para planificar y guiar a sus alumnos en la siguiente actividad?” y consignas como “expliquen al resto del grupo cómo lo resolvió cada uno”, “identifica en esta actividad los razonamientos que has utilizado para resolverla”, etc.

Para destacar la relevancia de estos razonamientos se hizo referencia continua a su importancia en la futura tarea docente. Se mostraron situaciones de aula donde se aprecia la necesidad de que el maestro domine estas habilidades para llevar adelante adecuadamente clases de ciencias.

En todo momento se procuró promover un cambio desde formas de aprendizaje dependientes a formas más independientes, teniendo en cuenta la doble responsabilidad de los sujetos como estudiantes y como maestros. De forma tal que los profesores estudiantes se impregnaran de un modelo constructivista de enseñanza donde la preocupación por el

pensamiento del aprendiz es permanente. Esto se logró con la discusión de los objetivos y metodologías de la enseñanza que se imparte y la reflexión permanente sobre el propio aprendizaje.

Estas consideraciones fueron tenidas en cuenta en los dos momentos en que se presentó esta propuesta de enseñanza: a) etapa intensiva, con una duración de 6 horas y, de acuerdo a lo tratado, de carácter atomista y b) etapa holística llevada adelante durante el semestre.

a) En la *etapa intensiva*, los estudiantes realizaron dos actividades: la resolución del REES (inmediatamente después del test TOLT) y la resolución de otras tareas, por ejemplo, del estilo de las planteadas en el proyecto CASE (Adey, Shayer y Yates, 1995). Como ya se mencionó, el REES (Razonando en el Supermercado) es una guía de problemas con situaciones cotidianas en el contexto del supermercado que persigue el objetivo de facilitar el aprendizaje de estos razonamientos en el contexto de la enseñanza de las ciencias. Si la enseñanza en el contexto de las ciencias influye en alguna medida en otras áreas de conocimiento o en otros ámbitos cotidianos, constituiría un logro extra nada despreciable.

CUADRO 2. Ejemplos de ítems de “Razonando en el Supermercado”

4) Supongamos que a usted le interesa comprobar si en su lavarropa obtiene mejores resultados con los jabones de lavar líquidos o con los jabones en polvo que se encuentran en el supermercado. ¿Qué paquetes compraría para realizar la comprobación? La calidad de los jabones se expresa en malos, regulares, buenos y muy buenos.		
paquete 1	líquido	bueno
paquete 2	líquido	muy bueno
paquete 3	en polvo	regular
paquete 4	en polvo	bueno
paquete 5	en polvo	malo
Explique su respuesta.		
7) Comprando un electrodoméstico en el supermercado Gol usted participa en un sorteo que consiste en poder sacar de una bolsa un papelito, algunos de los cuales tienen premio, según el siguiente detalle:		
5 lavarropas		
5 heladeras		
10 planchas		
30 canastas de comida		
50 papelitos sin premio		
Si saca uno ¿qué posibilidad tiene de ganar un electrodoméstico?		

- a) una de seis posibilidades
- b) una de cien posibilidades
- c) una de cincuenta posibilidades
- d) una de cinco posibilidades
- e) una de veinte posibilidades
- f) otras

Explique su respuesta.

Las actividades se resolvieron individualmente, luego se cotejaron y discutieron los resultados en pequeños grupos, y se presentaron ante la totalidad de la clase. Se elaboraron conclusiones que permitieron explicar, definir y generalizar los razonamientos con el apoyo del profesor. Finalmente se solicitó a los alumnos que identificaran el razonamiento y lo emplearan en las próximas situaciones que abordaran.

b) En la *etapa holística*, durante el desarrollo de la programación de las dos orientaciones del área de Ciencias Naturales (Física - Química y Biología), se propuso a los estudiantes que resolvieran situaciones donde utilizaran estos razonamientos e hicieran explícita la estructura lógica de la tarea. Se procuró que, progresivamente, lograran mayor autonomía en estos aspectos. A modo de ejemplo, al inicio del curriculum de física-química los estudiantes diseñaron experimentos para poner de manifiesto cada una de las tres propiedades de la materia (impenetrabilidad, masa y volumen) para cada uno de los tres estados de agregación (sólido, líquido y gas). Otra actividad sugerida durante el tratamiento del tema ácidos y bases, fue que resolvieran situaciones problemáticas del tipo de las propuestas por Martín Sánchez y Martín Sánchez (1987), consistente en presentar cuatro recipientes conteniendo líquidos incoloros y pedir a los alumnos que planifiquen cómo los identificarían. En ambos ejemplos debían realizar una adecuada combinatoria y control de variables.

RESULTADOS

Diagnóstico del alumno ingresante

Los resultados obtenidos de la administración del test TOLT a comienzos del curso, en los años 1996, 1997 y 1998 se muestran en el Cuadro 3.

CUADRO 3. Resultados test TOLT en distintos años

Año	N muestra	Media edades	Desviación edades	Media TOLT (máximo 10)	Desviac. TOLT	% alumnos > 6 puntos
1996	110	22,3	5,1	2,4	2,3	10
1997	167	22,8	5,2	2,6	2,0	11
1998	164	21,7	5,1	2,5	2,1	7

Se aprecia un muy bajo nivel de adquisición de estos razonamientos por parte del estudiante que ingresa a la formación inicial docente. Al comparar con alumnos universitarios de otras carreras de la misma ciudad se observaron notables diferencias, por ejemplo, 37 alumnos de primer año de las carreras de Ingeniería y Licenciatura en Biología (UNC) obtuvieron, a mediados de 1996, una media de 6,7 (desviación 2,7) y en 1998, 20 alumnos también de primer año de la Licenciatura en Biología, una media de 4,5 (desviación 1,9).

Valor predictivo en los resultados académicos

Al correlacionar los resultados obtenidos en el test TOLT a comienzos del curso, con el rendimiento en los exámenes parciales del primer año de tres áreas de conocimiento del plan de estudios en distintos años lectivos, se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro 4.

CUADRO 4. *Correlaciones TOLT - rendimiento en distintas áreas de conocimiento ($p < 0.05$)*

<i>Año</i>	<i>Correlación TOLT con rendimiento</i>	<i>r - Pearson</i>
1998	Área Naturales	0,41
1997	Área Naturales	0,33
1996	Área Naturales	0,52
1997	Área Matemática	0,38
1996	Área Matemática	0,39
1996	Área Educación	0,20

Se aprecian en todos los años y áreas correlaciones positivas (medias y bajas). Un dato muy llamativo es que, para todos los casos, este test resultó ser predictivo del éxito, no del fracaso, en los exámenes de las distintas áreas curriculares. En otras palabras, que todo estudiante que obtuvo un puntaje igual o mayor a 5 en el TOLT obtuvo un porcentaje igual o mayor al 50% en los exámenes parciales considerados, para cada área en primera instancia (sin instancias de recuperación). En cambio, entre los alumnos con un puntaje menor a 5 en este test, los porcentajes obtenidos en los exámenes parciales fueron diversos, logrando en algunos casos superar el 50%. No fue posible correlacionar con otras áreas de conocimiento dado que éstas no utilizaban escalas numéricas o transformables en numéricas.

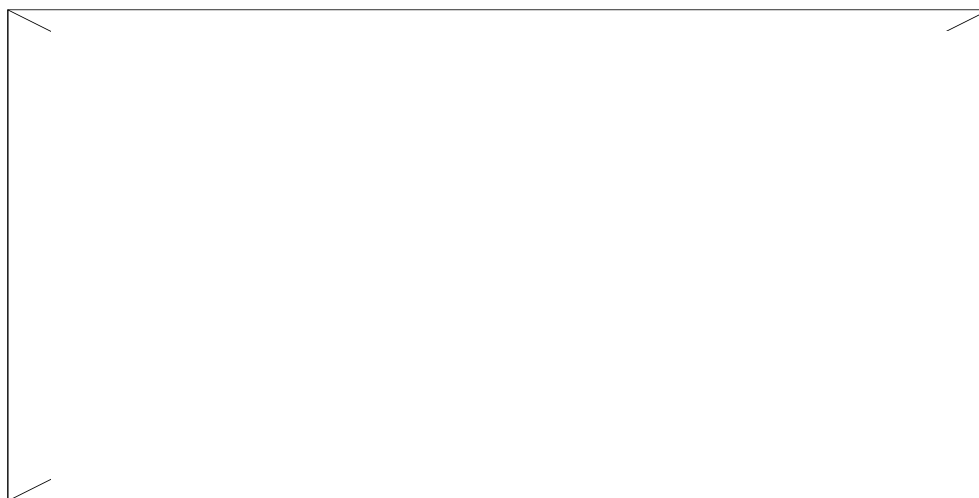
Evaluación de la propuesta de enseñanza

Para evaluar si hubo progresos en el aprendizaje de estos razonamientos se suministró el TOLT a final del curso 1998. Para una muestra de 83 estudiantes que

completaron ambos test, la media, que en el test inicial fue de 2,8, aumentó a 4,3. Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en la prueba t de Student para muestras dependientes ($t = 6,40$; $p < 0,01$).

El cambio en la media obtenida para cada ítem al inicio y al final se muestran en el Gráfico 1.

GRÁFICO 1. *Porcentajes de repuestas correctas, pre y post test*



La propuesta de enseñanza resultó ser efectiva aunque los porcentajes finales siguen siendo bajos para un futuro docente. Se aprecia un bajo rendimiento en el razonamiento probabilístico, esto se debe a que es un aspecto complejo y difícil de dominar (Pérez Echeverría, 1990), además de haber sido el menos abordado en la propuesta de enseñanza.

CONCLUSIONES

El dominio de este tipo de razonamientos es un requisito necesario, no suficiente, para aprender ciencias, pero constituye un requisito esencial para enseñar ciencias. Por ello debe procurarse en la formación inicial del profesorado situaciones para el aprendizaje de los mismos, donde los estudiantes puedan razonar con las ciencias, especialmente cuando se detecta la carencia extendida de los mismos. Estos razonamientos se consolidan con la práctica y el aprendizaje progresivo, que debe facilitar la transferencia y la generalización desde un contexto a otro.

Es responsabilidad de la formación profesional, que el maestro que completa su capacitación inicial docente en ciencias, cuente con recursos cognitivos adecuados y disponibles para afrontar la planificación de tareas experimentales y su evaluación.

La propuesta de enseñanza de razonamientos científicos que se ha llevado adelante ha mostrado ser efectiva como una estrategia inicial en la mejora de dichos razonamientos. Pero se considera que el trabajo con estos alumnos debe continuar en los años sucesivos, incluso durante el período de prácticas en la escuela.

Las estrategias de enseñanza basadas en la generalización de estos razonamientos, con los distintos temas curriculares y el recorrido desde el contexto cotidiano al de las ciencias y desde las ciencias al cotidiano han resultado eficaces. También se destaca el valor de otras dos estrategias: la metacognición y la identificación de estos razonamientos en situaciones de enseñanza en la escuela primaria.

Los relativamente bajos rendimientos de los estudiantes en las tareas de razonamiento evaluadas, indican la necesidad de compartir el compromiso de su enseñanza, en forma sistemática y planificada, con otras áreas de conocimiento, como Matemática, Tecnología y otras. También es necesario intentar mejorar la articulación entre las dos materias que forman el área Ciencias Naturales: Biología y Física-Química. Estas acciones contribuirían, paralelamente, a incrementar la factibilidad de transferencia de estos razonamientos.

Por último, se destaca que un cambio en la orientación de las actividades frecuentes de ciencias en la escuela hacia formas de participación más activas de los alumnos, conlleva a la ejecución de un mayor número de contenidos procedimentales, aún con los mismos contenidos conceptuales. El dominio de estos procedimientos se constituye en un requisito necesario que posibilita un cambio metodológico en la enseñanza de las ciencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEY, P.; SHAYER, M. y YATES, C. (1995). *Thinking Science. The curriculum materials of the CASE project*. 2^a ed., London: Nelson.
- CAAMAÑO, A. (1992). "Los trabajos prácticos en ciencias experimentales". *Aula de Innovación Educativa*, 9, 61-68.
- CARRETERO, M. (1985). "El desarrollo cognitivo en la adolescencia y la juventud: Las operaciones formales". En M. Carretero y J.A. Madrugá (Eds.), *Lecturas de psicología del pensamiento*. Madrid: Alianza.
- CHANDRAN, S.; TREAGUST, D. y TOBIN, K. (1987). "The role of cognitive factors in chemistry achievement". *Journal of Research in Science Teaching*, 24(2), 145-160.
- COLL, C. y VALLS, E. (1992). "El aprendizaje y la enseñanza de los procedimientos". En C. Coll y otros, *Los contenidos en la Reforma*. Madrid: Santillana.
- FLAVELL, J. (1976). "Metacognitive aspects of problem solving". En L.B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence*. New Jersey: LEA.
- FURIO MAS, C. (1996). "Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias". *Alambique*, 7, 7-17.
- GABEL, D.; SAMUEL, K. y HUNN, D. (1987). "Understanding the particulate nature of matter". *Journal of Chemical Education*, 64(8), 695-697.
- GUNSTONE, R.F. y NORTHFIELD, J. (1994). "Metacognition and learning to teach". *International Journal of Science Education*, 16(5), 523-537.
- HERRON, J.D. (1996). *The chemistry classroom*. USA: American Chemical Society.
- INHELDER, B. y PIAGET, J. (1955). *De la logique de l'enfant a la logique de l'adolescent*. París: PUF. [Trad. cast. *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Buenos Aires: Paidós, 1972].
- JIMENEZ ALEIXANDRE, M.P. y SANMARTI, N. (1997). "¿Qué ciencia enseñar?: objetivos y contenidos de la educación secundaria". En L. del Carmen (Ed.), *Cuadernos de Formación del Profesorado de Educación Secundaria: Ciencias de la Naturaleza*. Barcelona: Horsori.

- LAZAROWITZ, R. y TAMIR, P. (1994). "Research on using laboratory instruction in science". En D. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. USA: NSTA.
- MARTIN SANCHEZ, M.T. y MARTIN SANCHEZ, M. (1987). "Simple experiment with unknown liquids". *Journal of Chemical Education*, 64(11), 964.
- MORENO, A. (1989). "Metaconocimiento y aprendizaje escolar". *Cuadernos de Pedagogía*, 173, 53-58.
- NICKERSON, R.S. (1987). "Why teach thinking?". En J. Baron y R. Stemberg (Eds.), *Teaching thinking skill. Theory and practice*. New York: Freeman.
- PEREZ ECHEVERRIA, M.P. (1990). *Psicología del razonamiento probabilístico*. Madrid: Ediciones UAM.
- POZO, J.I. y otros (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: CIDE, MEC.
- POZO, J.I. (1996). *Aprendices y maestros*. Madrid: Alianza.
- POZO, J.I. y GOMEZ CRESPO, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- PRO BUENO, A. (1998) "¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias?". *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 21-41.
- TOBIN, K. y CAPIE, W. (1981). The development and validation of a group test of logical thinking. *Educational and Psychological Measurement*, 41, 413-423.
- WOOLNOUGH, B. (1991). "Practical science as a holistic activity". En B. Woolnough (Ed.), *Practical Science*. UK: Open University.