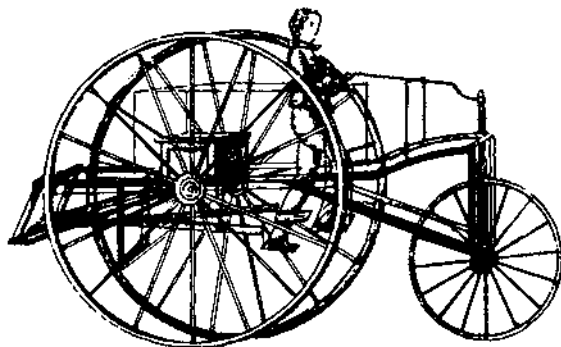


INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA



Y NOTICIAS

TESIS DIDÁCTICAS*

* Recordamos que los datos que se precisan para la publicación de los resúmenes de tesis didácticas son los siguientes: Título; autor o autora; tipo de tesis (doctoral o de maestría); director(es) o directora(s); departamento, universidad, programa en que se ha presentado; fecha de presentación; resumen de un máximo de dos folios DIN A-4 acompañado de disquete.

ANÁLISIS DEL CONOCIMIENTO PROFESIONAL DEL PROFESOR DE MATEMÁTICAS DE ENSEÑANZA SECUNDARIA Y EL CONCEPTO DE FUNCIÓN COMO OBJETO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE. APORTACIONES METODOLÓGICAS

Tesis doctoral

Autora: García Blanco, María Mercedes
Director: Llinares Ciscar, Salvador
Lugar: Departamento de Didáctica de las Matemáticas. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Sevilla
Fecha: 17 de enero de 1997

El estudio del conocimiento, creencias, concepciones y cogniciones de los profesores ha sido el centro de atención para una gran parte de la comunidad de investigadores en educación en los últimos

tiempos. Estos estudios han ido evolucionando profundamente desde finales de los años ochenta en los que se enfatizó la necesidad de centrarse fundamentalmente en el contenido que el profesor enseñaba. Las consideraciones y transformaciones se han reflejado con matices propios en el campo de la investigación en educación matemática.

Actualmente las investigaciones centradas en distintos aspectos de las «cogniciones», «profesor de matemáticas» y «contexto» han dado lugar a un término de alguna forma englobante, *conocimiento profesional del profesor de matemáticas*, que enfatiza la perspectiva profesional de la tarea de enseñar. El interés de los estudios centrados en este constructo proviene no sólo del campo teórico, sino también de la posibilidad de aportar información al campo de la formación de profesores. En este sentido, la descripción de «las perspectivas del profesor de matemáticas» de lo que es fundamental para él en su trabajo de enseñar puede ser

una información importante para los formadores de profesores de matemáticas.

Nuestra investigación está en la línea de considerar el conocimiento del profesor desde la perspectiva de la profesión que desempeña, subrayando su carácter contextualizado, y ligándolo a tópicos matemáticos concretos. El objetivo fue indagar en el conocimiento profesional del profesor de matemáticas de enseñanza secundaria ligado a las funciones como objeto de enseñanza-aprendizaje; concretamente, describir el contenido y estructura del conocimiento del profesor que fundamenta sus decisiones de enseñanza de las funciones en el nivel 14-16 años. Este objetivo se particularizó en dos dominios de indagación: «el concepto matemático de función como contenido curricular y diferentes modos de representación» y «el concepto matemático de función con relación a otros contenidos curriculares de las matemáticas escolares». A la vez hemos creído necesario profundizar en las formas de acce-

so, en los instrumentos metodológicos utilizados para dicha descripción. Para ello se diseñó una adaptación de la técnica de rejillas para ser utilizada en el análisis del conocimiento profesional del profesor de matemáticas, profundizando en la discusión conceptual de la relación entre el problema de investigación y los instrumentos utilizados. La adaptación diseñada nos ha permitido obtener información de las cogniciones del profesor desde sus propios sistemas de referencia. Los propósitos de nuestro estudio, las cuestiones que de ellos se desprenden y la forma de planteamiento elegido nos condujeron a realizar y formalizar nuestro trabajo como un estudio de casos.

La aproximación a la caracterización del conocimiento profesional del profesor de matemáticas vinculado a un contenido específico y respecto a cada uno de los dominios de estudio, la hemos realizado a través de dos dimensiones. Las dos ideas teóricas, *aspectos característicos* (definen para el profesor el dominio considerado) y *procesos interpretativos* (son los significados a través de los que el profesor describe los aspectos anteriores), que determinan las dimensiones son posibles por la metodología elegida. El significado de estas dos dimensiones se explicó a través de dos variables: la *estructura* y su *contenido*. Los análisis cualitativo y estadístico (factorial y *cluster*) efectuados a lo largo de la metodología diseñada nos permitieron considerar dichas variables.

Las informaciones, reflexiones y discusión de las ideas planteadas en el párrafo anterior concretadas para cada uno de los dos profesores participantes en nuestra investigación dieron lugar a un conjunto de resultados. En ellos pudimos apreciar no sólo distintas estructuras según el dominio y el profesor sino también diversas perspectivas (matemática, de enseñanza, de aprendizaje) desde las que se organizan los contenidos que dan significado a las dimensiones. Estos matices nos han llevado a un conocimiento más profundo de aquellas ideas que son la base de sus decisiones de enseñanza. Por otra parte, la discusión intercursos nos ha permitido hacer inferencias sobre el contenido y la estructura del conocimiento profesional del profesor de matemáticas respecto a un tópico específico.

Una aportación de este estudio fue constatar que el contenido matemático parece que ha formado parte de un proceso de *elaboración cognitiva* del contenido de diferentes dominios del conocimiento del profesor, que se desarrolla en la acción profesional y que se hace explícito mediante el carácter *integrado* del conocimiento profesional del profesor de matemáticas. Además, las reflexiones me-

todológicas realizadas en la elaboración y desarrollo de nuestra investigación nos han permitido el diseño técnico de un instrumento metodológico estructurado en cuatro niveles. Este instrumento posibilita un camino para profundizar en la comprensión del conocimiento profesional del profesor de matemáticas unido a áreas de contenido específico.

Por último, desde nuestro trabajo se deducen una serie de implicaciones y necesidades referidas básicamente a la formación de profesores de matemáticas de enseñanza secundaria, ya que es un campo de interés y preocupación en las investigaciones en educación matemática y al que creemos que los estudios centrados en el conocimiento profesional del profesor de matemáticas pueden aportar luz desde distintas perspectivas.

LA HISTÒRIA DE LES CIÈNCIES EN L'ENSENYAMENT DE LA FÍSICA I LA QUÍMICA

Tesis doctoral

Autor: Traver i Ribes, Manel Josep
Director: Solbes i Matarredona, Jordi
Lugar: Escola Universitària de Magisteri Ausiàs Marc. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials. Universitat de València
Fecha: 16 d'octubre de 1996

El problema que s'ha investigat en aquest treball consisteix en l'anàlisi del paper que juga actualment la història de la ciència en l'ensenyament de la física i la química i de la seua influència en la imatge de la ciència i en les actituds dels alumnes. S'hi han investigat dues hipòtesis principals. La primera consisteix en la constatació de l'escàs paper atribuït habitualment a la història de la ciència, tant en els llibres de text, com per part del professorat i en la seua influència en la imatge deformada de la ciència que aplega els alumnes, així com les seues actituds d'escassa apreciació per la ciència i el seu aprenentatge. La fonamentació de la hipòtesi s'ha dut a terme a partir de la crítica del model habitual d'aprenentatge de les ciències per transmissió verbal de coneixements ja elaborats, en l'escassa formació del professorat en aspectes històrics i en els nombrosos treballs didàctics que palesen les repercussions en els alumnes, tant pel que fa a la persistència dels preconceptes com per la descontextualització dels coneixements científics

impartits i la disminució de l'interès dels alumnes envers la ciència i el seu aprenentatge.

La verificació de la hipòtesi ha consistit en el disseny de *qüestionaris d'anàlisi de llibres de text*, qüestionaris per a constatar la visió del professorat i qüestionaris per a detectar la imatge de la ciència i les actituds dels alumnes. En l'anàlisi dels llibres de text, d'una mostra de 48 exemplars, hem trobat un 83,9% de casos que no donen referències contextualitzades de científics i científiques i mostren una imatge deshumanitzada de la ciència, alhora que un 91,7% de casos no té en compte el caràcter col·lectiu de la ciència. L'evolució històrica dels conceptes i les teories científiques no es té en compte en el 74,7% de casos i el 83,3% ignora l'existència de crisis i canvis en els paradigmes científics. És significatiu que un 87,9% de casos no faça ús de textos originals i un 85,6% no proposi activitats de contingut històric per al treball dels alumnes. Finalment, en un 89,6% de casos no es fa referència als problemes que originaren les teories científiques exposades i es dona una visió empirista, amb la qual cosa no es mostra el caràcter temptatiu de l'activitat científica i predomina l'orientació formalista (91,7% de textos) i l'absència d'un tractament de les relacions CTS (92,7%).

La imatge deformada de la ciència que tenen els alumnes, l'hem verificada mitjançant un conjunt de qüestionaris aplicats a dues mostres de control diferents. Amb una primera mostra de 479 alumnes de control hem assajat dos qüestionaris (A i B) referents a *aspectes epistemològics* (naturalesa i evolució de la ciència, paper del formalisme matemàtic...) i *històrics de la ciència* (evolució, crisis, científics i científiques coneguts, problemes que han originat diferents contribucions científiques i repercussions socials d'alguns avanços científics significatius). Amb una segona mostra de 215 alumnes hem assajat dos qüestionaris més: un (C) sobre *aspectes socials de la ciència* (controvèrsies, influència del suport econòmic, caràcter col·lectiu de la ciència, relacions ciència-tècnica, científics espanyols coneguts, facilitats i dificultats històriques per a l'activitat científica espanyola...) i un altre (D) sobre *actituds i interès cap a la ciència i la seua història*. Els resultats obtinguts mostren que la majoria d'alumnes considera la ciència com una activitat de descobriment i no de creació (58,2%), un 43,4% d'alumnes considera prioritari el caràcter formal de la ciència i un 87,1% d'alumnes té una visió lineal i acumulativa de l'evolució de la ciència, aspecte que es reforça amb un escàs 15,7% d'alumnes que coneix crisis en l'evolució de la ciència i un 9,3% que coneix alguna controvèrsia ci-

científica. La visió deshumanitzada de la ciència es manifesta en la ignorància dels noms de diversos autors i autors de treballs científics (un 28,8% cita un mínim de cinc científics i llurs treballs i un 25,6% coneix contribucions de científics espanyols). La visió descontextualitzada es manifesta en l'escàs coneixement de repercussions socials de diversos treballs científics (un escàs 6,9% és capaç de citar el màxim de casos proposats, quatre o cinc) i de la influència de la societat sobre la ciència (un 4,7 % coneix dos o més casos d'ajut econòmic) i de la tècnica sobre la ciència (20,9 % coneix dos o més casos). Les dificultats històriques per al desenvolupament de la ciència espanyola són conegudes per un 24,7% d'alumnes. Finalment, pel que fa a l'actitud de l'alumnat, un 38,3 % concedeix una valoració alta (notable o més) a l'ensenyament de física i química rebuda fins ara, un 61,3% manifesta una bona expectativa respecte a la possibilitat que un enfocament històric millori la seua valoració de l'assignatura; però la majoria de l'alumnat ignora aspectes històrics concrets que podrien suscitar el seu interès i un 45% d'alumnes manifesta no tenir cap interès en aquests aspectes. Tots aquests resultats confirmen a bastament la nostra primera hipòtesi.

Així, doncs, la nostra segona hipòtesi ha consistit a elaborar una proposta alternativa a l'ensenyament habitual que tinga en compte la incorporació d'aspectes d'història de la ciència a l'ensenyament de la física i la química. Aquesta hipòtesi, l'hem fonamentada, d'una banda, en un nou model d'ensenyament-aprenentatge de les ciències d'orientació constructivista, destinat a produir un canvi conceptual, metodològic i actitudinal en els alumnes, recollint de la història els diversos paral·lelismes en l'evolució conceptual, les dificultats dels alumnes i les repercussions socials dels avanços científics. També es fonamenta en una visió contextualitzada i pluridisciplinària de la història de la ciència i considera els diversos avantatges pedagògics que pot aportar aquesta disciplina: la selecció de continguts fonamentals, de problemes rellevants de gran repercussió social, l'aparició de crisis de paradigma i controvèrsies científiques, la imatge més correcta de la ciència, les aportacions a la ciència fetes al nostre país, etc. Més concretament, la incorporació d'aspectes històrics a l'ensenyament de la física i la química ha de mostrar-se coherent amb les aportacions de la renovació metodològica derivada de les orientacions constructivistes de l'ensenyament de les ciències, de manera que s'afavoresca el canvi conceptual, metodològic i actitudinal en els alumnes. Així la utilització de la història hauria de contribuir a:

- 1) criticar la imatge tòpica de la ciència

- 2) extraure de la història les dificultats conceptuals dels estudiants, a partir de les resistències i obstacles que apareixen en la història;
- 3) afavorir la selecció de continguts fonamentals de la disciplina;
- 4) extraure de la història els problemes més significatius i posar l'alumne en situació d'abordar-los;
- 5) mostrar el caràcter hipotètic i temptatiu de la ciència;
- 6) mostrar l'existència de grans crisis en el desenvolupament de la física i la química, així com nombroses controvèrsies científiques dins d'un mateix paradigma;
- 7) presentar la ciència com a construcció humana, social i, per tant, col·lectiva;
- 8) presentar les contribucions a la ciència realitzades per grups minoritaris (dones, països de segona fila, en particular Espanya, el País Valencià...) i els obstacles que s'han plantejat en la història;
- 9) mostrar les interaccions CTS no sols en el present, sinó també tot al llarg de la història;
- 10) contribuir a millorar les actituds dels alumnes cap a la ciència i millorar el clima del aula.

A fi de verificar la nostra hipòtesi hem elaborat materials curriculars amb continguts i metodologia alternatius als que habitualment mostren els llibres de text. Hem dissenyat diversos tipus d'activitats per al treball dels alumnes, de manera que reflectessen els diferents papers que pot jugar la història de la ciència abans indicats. Així, doncs, s'han proposat activitats consistents en biografies contextualitzades de diferents científics i científiques, amb diverses qüestions per al treball i la reflexió dels alumnes. També s'han proposat textos originals de diversos autors, quadres informatius sobre la situació de la ciència espanyola en diferents èpoques crucials (segle XVI, Il·lustració, principis del segle XX...) i activitats sobre algunes experiències de caràcter històric. S'han utilitzat textos que plantejaven diferents controvèrsies científiques, com ara alguns fragments dels *Diàlegs* de Galileu sobre el moviment i les forces, o la controvèrsia entre Newton i Huygens sobre el caràcter corpuscular o ondulatori de la llum, recreada en un text d'Einstein. D'altra banda, s'ha fet servir el fil conductor històric en l'establiment d'un concepte fonamental, com és el cas del concepte d'element, per a elaborar un tema complet de química. S'hi han combinat diversos tipus d'activitats abans esmentats: textos originals, biografies, quadres informatius, experiències, etc.

Després d'utilitzar reiteradament els materials amb dos grups diferents d'alumnes experimentals durant un curs ($N_1=117$, tractats per professors col·laboradors; $N_2=116$, tractats per l'autor), hem contrastat la seua percepció de la naturalesa de la ciència i la seua evolució, així com

les seues actituds i interès cap a la ciència, amb l'assaig dels mateixos qüestionaris que havíem proposat als alumnes de la primera part de la investigació que han servit de grups de control.

Els diferents resultats obtinguts en la investigació d'aquesta segona hipòtesi confirmen plenament el paper positiu de l'orientació històrica per a millorar la imatge de la ciència i les actituds dels alumnes envers el seu aprenentatge, en el marc d'un model d'ensenyament-aprenentatge d'orientació constructivista, i revelen la valoració positiva que en fa el professorat que ha pogut reflexionar sobre aquesta proposta. Les diferents conclusions detallades confirmen, doncs, el conjunt de les hipòtesis investigades i ens permeten obrir diverses perspectives per aprofundir en la investigació del paper que pot tenir la història de la ciència en la formació científica: aplicant-la a altres nivells i matèries, dissenyant cursos per a professors, entre d'altres.

DIFICULTADES DE APRENDIZAJE SOBRE LA NATURALEZA CORPUSCULAR DE LA MATERIA EN LA ENSEÑANZA SECUNDARIA. UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA SUPERARLAS

Tesis doctoral

Autor: Hernández Pérez, Juan
 Director: Furió Más, Carlos J.
 Lugar: Departamento de Didáctica de las Ciencias Sociales y Experimentales.
 Universitat de Valencia
 Fecha: 6 de marzo de 1997

Desde la publicación de la tesis de Viennot, son muchos los trabajos aparecidos relacionados con la falta de un aprendizaje significativo que han estudiado tanto la detección de la existencia y persistencia de ideas científicamente incorrectas como las dificultades en la resolución de problemas de los estudiantes. La tesis doctoral que se presenta parte del supuesto que lograr un aprendizaje significativo depende, principalmente, de cambios en la metodología de la enseñanza.

En particular el tema que estudiamos corresponde al de la enseñanza-aprendizaje de la naturaleza corpuscular de la materia. La razón de esta elección radica

en la importancia didáctica que este tema tiene en un aprendizaje comprensivo de la química. La historia de la ciencia muestra claramente que los orígenes de la química como ciencia moderna tienen como núcleo fundamental la elaboración de la teoría atómico-molecular por Dalton, también muestra los problemas existentes hasta llegar a esa elaboración.

Los objetivos didácticos perseguidos en la tesis doctoral pretenden dar respuesta a las siguientes preguntas:

— ¿Qué dificultades de aprendizaje cabe esperar que tengan los estudiantes cuando se les enseña la naturaleza corpuscular de la materia en el nivel de la enseñanza secundaria obligatoria (12-16 años)?

— ¿En qué medida estas dificultades constituyen concepciones alternativas resistentes a la enseñanza convencional?

— ¿Qué insuficiencias o deficiencias didácticas existen en las estrategias utilizadas en la enseñanza convencional de estos conceptos y modelos?

— ¿Es posible realizar una enseñanza de la naturaleza corpuscular de la materia que subsane estas deficiencias didácticas y, consecuentemente, se logren superar las dificultades de aprendizaje?

Ahora bien, dado que cualquier propuesta didáctica no puede ser eficaz si no se implica en ella al profesor o profesora encargados no será efectiva si no es aceptado por el colectivo encargado de poder ponerla en práctica, también hemos incluido una parte de la tesis dedicada a la formación del profesorado en la enseñanza-aprendizaje por investigación.

La tesis consta de dos hipótesis principales. Una se ha destinado a conocer y evaluar el aprendizaje de los estudiantes que han seguido metodologías de enseñanza convencionales incluidas en el paradigma de transmisión-recepción de conocimientos previamente elaborados. La segunda hipótesis ha evaluado la mejora producida, tanto en la adquisición de conceptos como en las actitudes hacia el aprendizaje al utilizar en el aula un nuevo microcurrículo sobre la naturaleza corpuscular de la materia basado en el aprendizaje por investigación.

Para contrastar la primera hipótesis se han derivado, basándose en el paralelismo anteriormente citado, consecuencias contrastables relativas tanto a la existencia de concepciones alternativas sobre aspectos macroscópicos de los gases (no tienen peso, ni masa, flotan, etc.) como sobre otros submicroscópicos (modelos corpusculares) para interpretar propiedades en gases y sólidos. Se han realiza-

do múltiples diseños utilizando instrumentos muy variados, tales como: cuestionarios con ítems de respuestas cerrada, de respuestas abiertas, entrevistas clínicas, grabaciones en audio y en vídeo, etc.

Así, por ejemplo, la materialidad de los gases es una de las ideas que durante muchos siglos no fue aceptada y por esa razón suponíamos que el alumnado no sería conservativo respecto al peso en procesos donde se formen gases. Preparamos diseños en los que los alumnos debían enfrentarse a situaciones correspondientes a cambios físicos y químicos en los que la desaparición de materia corpórea aumentaba paulatinamente. Pudo comprobarse que estudiantes desde 7º de EGB hasta COU tenían dificultades en asumir la conservación de la masa en procesos en los que se forman gases y cómo estas dificultades aumentaban según la proporción en la que se producían gases. Otro diseño consistió en mostrar cómo estudiantes de 2º de BUP que acababan de estudiar la teoría atómico-molecular, o de magisterio, de la especialidad de ciencias, tenían grandes dificultades en interpretar la combustión de un trozo de cinta de magnesio. Así, al preguntarles sobre el peso del producto formado, respecto al primitivo, se comprobó que la dificultad seguía existiendo cuando los gases actúan como reactivos. Algunas de las justificaciones de las respuestas parecían recordar antiguas interpretaciones de la teoría del flogisto cuando se relacionaba la calcinación de los metales con las combustiones orgánicas.

Se detectó también la existencia de ideas alternativas al modelo cinético de gases mediante la realización de entrevistas clínicas a unos 60 estudiantes desde 7º de EGB hasta 3º de BUP y se mostró que los entrevistados cambiaban sus propias ideas en función de la propiedad que se le presentaba de forma experimental.

Ello confirma la poca consistencia de estas concepciones alternativas, a diferencia de las otras macroscópicas, mucho más estables como ya se ha puesto de manifiesto.

En cambio, volvían a presentarse dificultades de aprendizaje cuando las evidencias de sentido común se oponían al modelo (huecos y movimiento de partículas en los sólidos).

Antes de pasar a la contrastación de la segunda hipótesis realizamos un análisis de textos así como un conocimiento sobre la forma con que el profesorado, en general, aborda este tema. Ambos pusieron de manifiesto el desconocimiento docente de estas dificultades lo que, en cierta forma, permite justificar la mayor

parte de los resultados anteriormente señalados.

La contrastación de la segunda hipótesis se realizó comprobando el aprendizaje logrado por estudiantes de 2º de BUP y 8º de EGB que han seguido un microcurrículo previamente preparado, por varios investigadores, y en los que el autor de la tesis era el profesor. Una encuesta previa al estudio del tema permite comprobar cuáles son las ideas del alumnado de 8º, mientras que un cuestionario, pasado tres meses después de la finalización de la enseñanza del mismo, permite comprobar el cambio de ideas experimentado. Por otra parte, una grabación en vídeo permite observar cómo los estudiantes de 2º de BUP construyen un modelo de gases capaz de justificar las propiedades que previamente han experimentado. Además, el análisis de resultados en algunos de los mismos ítems de la hipótesis anterior permite comparar resultados entre grupos de control y grupos experimentales tratados.

Posteriormente, también se analizan resultados obtenidos en estudiantes que han seguido el microcurrículo propuesto y cuyo profesorado decidió voluntariamente utilizarlo. De esa forma, la variable *profesor* también se tenía en cuenta.

Además del análisis sobre contenidos de tipo conceptual y procedimental se analizaron otros de tipo actitudinal. La importancia, cada vez mayor, que la investigación educativa da a las actitudes de los estudiantes, al relacionar interés con aprendizaje, nos hizo que analizáramos también si los estudiantes que eran instruidos según este microcurrículo mejoraban sus actitudes hacia el aprendizaje de la química. Entrevistas grabadas en audio y cuestionarios cerrados fueron los instrumentos utilizados para mostrar este nuevo aspecto.

Consecutivamente, tal como hemos señalado al comienzo, la opinión del profesorado nos pareció esencial para valorar esta propuesta didáctica. Para ello se pasaron cuestionarios dirigidos al profesorado que había debatido sobre la propuesta en cursos de formación, así como a aquellos otros compañeros y compañeras que habían aceptado experimentarlo. A la parte, se eligieron dos profesores, con perfiles diferentes —uno con mucha experiencia y otra novel—, los cuales fueron tutores durante la aplicación de los temas propuestos ofreciéndoles al final un cuestionario abierto en el que pudiesen expresar sus opiniones respecto a la propuesta.

El análisis de resultados permitió mostrar cómo los estudiantes que seguían el microcurrículo propuesto aprendían de

forma más significativa y mostraban actitudes más positivas hacia la enseñanza de las ciencias que aquellos otros que seguían metodologías tradicionales. El profesorado también mostró su satisfacción al respecto mostrándose este aspecto de forma mucho más notable entre aquellos dos casos que fueron tutorados de forma más directa.

Finalmente, consideramos conveniente señalar que este trabajo permite mostrarnos esperanzados en que es posible una mejora significativa si los estudiantes son instruidos durante todo su período obligatorio de formación siguiendo estrategias basadas en el aprendizaje por investigación. Una futura investigación con estudiantes que sigan esta metodología durante los cuatro años de secundaria obligatoria permitirá confirmar o negar esta hipótesis, problema que esta investigación deja abierto a otras.

LOS NIVELES DE VAN HIELE EN RELACIÓN CON LA TAXONOMÍA SOLO Y LOS MAPAS CONCEPTUALES

Tesis doctoral

Autor: Huerta Palau, Manuel Pedro
Director: Gutiérrez Rodríguez, Ángel
Lugar: Departament de Didàctica de les Matemàtiques. Universitat de València
Fecha: 24 de septiembre de 1997

La investigación que se presenta estudia, por una parte, las posibles relaciones entre los niveles de van Hiele y los niveles de respuesta SOLO de los estudiantes y, por otra, las posibles relaciones entre los niveles de van Hiele y la manera en que los estudiantes organizan en sus mentes los conceptos geométricos cuando esta organización se hace externa mediante representaciones llamadas *mapas conceptuales*. Esto da lugar a que el trabajo se presente dividido en dos partes inicialmente diferentes. El objetivo es, pues, determinar si existen aquellas relaciones, de qué tipo son y cómo poder obtenerlas.

Para ello, se diseñan dos tipos de instrumentos de evaluación. El primero lo cons-

tituyen 5 ítems, con estructura de «superítem» de cuyas respuestas se asigna a los estudiantes simultáneamente grados de adquisición de los niveles de van Hiele y niveles de respuesta SOLO. Para la primera asignación, se considera el nivel de razonamiento y el tipo de respuestas de los estudiantes para cada una de las cuatro cuestiones que constituyen un «superítem». Considerando el conjunto de las 20 cuestiones, se determina para cada estudiante el grado de adquisición de cada uno de los 4 niveles de van Hiele considerados. Por otra parte, para la segunda asignación, se asignan a los estudiantes niveles de respuesta SOLO para cada una de las cuestiones, de forma que cada estudiante posee una matriz 5x4, que constituye su evaluación SOLO. Mediante sendos criterios que permiten una o dos respuestas «malas», se asigna finalmente un nivel SOLO a cada estudiante para el conjunto de los 5 «superítems».

El segundo instrumento de evaluación es un test escrito para la evaluación mediante *mapas conceptuales*. Está constituido por dos partes: una que se corresponde con la evaluación de las clases de cuadriláteros que se han considerado en la investigación, y otra que trata de evaluar las relaciones entre las distintas clases de cuadriláteros. A partir de las respuestas de los estudiantes, con un perfil de razonamiento ya asignado, se construyen series de mapas conceptuales de las diferentes clases de cuadriláteros y sus relaciones.

Como consecuencia de lo anterior, la evaluación de cada estudiante la constituyen dos vectores de dos componentes cada uno: uno formado por el grado de adquisición de los niveles de razonamiento y el nivel de respuesta SOLO y otro, por el grado de adquisición de los niveles de razonamiento y la serie de mapas conceptuales asociada a cada estudiante. Este conjunto de dos vectores permite también dos clases de análisis. Para el primer vector, mediante un análisis macroscópico, se analizan las características de los niveles SOLO asociados a los perfiles de razonamiento dados por los grados de adquisición y mediante un análisis de carácter microscópico, se analizan esas características asociadas ahora a un contenido matemático particular. Para el segundo vector se impone un análisis en el que interesan los usos y significados de los conceptos secundarios, asociados a un concepto principal o a una estructura conceptual, de la familia de los cuadriláteros considerados para un perfil de razonamiento dado.

En sus conclusiones, el trabajo muestra que las relaciones entre los tres marcos teóricos considerados son posibles, destacando aquí, entre otras las siguientes:

- Los niveles de van Hiele puede ser analizados desde la perspectiva de la taxonomía SOLO.

- Hay evidencias de la existencia de más de un nivel SOLO para un nivel de van Hiele dado.

- Dependiendo del criterio de asignación de los niveles SOLO utilizado, la evidencia de que es posible encontrar ciclos de aprendizaje formados por la secuencia *Uniestructural* → *Multiestructural* → *Relacional*, dentro de un perfil de razonamiento o incluso dentro de un subperfil de razonamiento, es más fuerte si el criterio usado es menos exigente.

- A pesar de que los mapas conceptuales son idiosincrásicos, en ellos puede verse cómo un estudiante con un perfil de razonamiento dado estructura el contenido geométrico aprendido.

- A medida que el perfil de razonamiento mejora, la asociación entre algunas propiedades del concepto secundario y el concepto principal es más fuerte.

- Si el perfil de razonamiento demuestra una adquisición alta del primer nivel e intermedia, al menos, del segundo nivel de razonamiento, la capacidad de asociar propiedades de los conceptos secundarios al concepto principal aumenta, tanto en el número de propiedades de los conceptos secundarios como en el número de conceptos secundarios de los que se pueden decir propiedades.

- Generalmente, la manera en la que se gestionan estas propiedades y, por tanto demuestran probablemente de qué forma se estructuran en la mente de los estudiantes, queda reflejada en los nexos con los que se han representado en el mapa.

- No hay una manera estándar de organizar los cuadriláteros, ya sea en clases inclusivas o exclusivas, que pueda asociarse con un perfil de razonamiento.

- En general, cuando un estudiante interpreta que entre dos clases de cuadriláteros existe alguna relación, usa los nexos «siempre es», o «algunas veces es», o «puede ser», de manera indiscriminada, para poner de manifiesto que él encuentra algún tipo de relación.

- Hemos encontrado pocas evidencias de estudiantes que, con un perfil de razonamiento que se caracterice por la alta adquisición de los niveles 1 y 2, hayan podido establecer relaciones de inclusión entre clases de cuadriláteros menos inclusivas que la que proporcionan los conceptos de *paralelogramo* y *cuadrilátero*, usando los nexos apropiados. No resulta, pues, evidente que con este perfil

de razonamiento se puedan establecer relaciones de inclusión entre el rectángulo y el cuadrado, y entre el cuadrado y el rombo.

El trabajo concluye con una relación de implicaciones tanto para futuras investigaciones como para posibles implicaciones didácticas, como la consideración de un marco de evaluación tridimensional que considera los tres marcos teóricos investigados.

EVALUACIÓN DE UN MÉTODO DE INICIACIÓN A LAS MATEMÁTICAS A TRAVÉS DE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Tesis doctoral

Autora: *González Ramírez, Teresa*
Directora: *Coldas Bravo, M. Pilar*
Lugar: *Facultad de Ciencias de la Educación. Departamento de Didáctica, Organización Escolar y Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación. Universidad de Sevilla*
Fecha: *18 de marzo de 1997*

La enseñanza de la matemática constituye un campo de enorme interés científico. La sociedad actual reclama tener conocimientos matemáticos; de hecho, resulta difícil encontrar parcelas del conocimiento en las que las matemáticas no hayan penetrado. Los trabajos de investigación realizados en este ámbito muestran que la mayoría de las personas no alcanzan el nivel de alfabetización mínimo para desenvolverse en una sociedad moderna. Encuentran las matemáticas aburridas y difíciles y se sienten inseguras incluso a la hora de resolver problemas sencillos. Por otra parte, tener conocimientos matemáticos se convierte en un importante filtro selectivo del sistema educativo. Esta situación plantea la necesidad de que, en la actualidad, los estudios en educación matemática se centren en la creación y desarrollo de estructuras didácticas formales que hagan más transparente el nexo de unión entre la cultura matemática experiencian-

da por el niño antes del inicio de su escolaridad obligatoria y el conocimiento matemático de carácter formal que transmite la escuela. Los trabajos provenientes de la investigación transcultural (Saxe, Guberman y Gearhart, 1993; Rogoff y Lave, 1995) ponen de manifiesto que *la competencia matemática es un proceso cognitivo mediado por el tipo de actividad que desarrolla el sujeto (formal, no formal)*.

Bajo estas premisas, hemos realizado una investigación evaluativa con objeto de conocer empírica y científicamente cuáles son las principales aportaciones del Programa de Iniciación a la Matemática en su práctica y de indagar y profundizar en él a través de dos contenidos evaluativos fundamentales: proceso y producto.

Desde un punto de vista teórico, el programa se nutre básicamente de las aportaciones de la psicología soviética; conceptos como *contexto problemático, problema, resolución de problemas, pensamiento matemático, esquema lingüístico de interacción* resultan claves para estudiar y profundizar en la estructura didáctica que a modo de metodología se propone para acercar al alumno al razonamiento lógico-matemático. Desde la perspectiva curricular, responde a una visión global teóricamente coherente de cómo iniciarse en el aprendizaje de la matemática. La finalidad básica del programa es conducir de acuerdo con el perfil evolutivo del niño, en relación con la génesis y desarrollo del conocimiento matemático, la construcción del pensamiento matemático. De acuerdo con esta finalidad, el programa adopta una estructura curricular basada en la resolución de problemas, que constituye la piedra angular del mismo, siendo al mismo tiempo la herramienta que nos permite guiar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Intrínsecamente, aporta una metodología para la didáctica de la resolución de problemas. Esta metodología para la resolución de problemas se articula en torno al esquema lingüístico de interacción. El ELI es un instrumento mediador basado en la interacción social dentro del aula y en el lenguaje. Como herramienta conceptual, nos permite conducir y transformar el conocimiento matemático experimentado por el alumno antes de iniciar la enseñanza obligatoria en pensamiento matemático. Cada parte del esquema lingüístico de interacción (ELI) responde a un momento del proceso resolutor y nos introduce en los procesos de representación que en el niño se están generando.

El programa se desarrolla en doce unidades de aprendizaje y cada una de ellas parte de la consecución de unos objeti-

vos generales y específicos de acuerdo con unos contenidos y actividades. Los contenidos del programa se estructuran en nueve áreas curriculares: resolución de problemas, composición de números naturales, las horas, composición de números fraccionarios, medición de magnitudes, geometría, ángulos, sistemas de numeración, operaciones y cálculo. Cada unidad de aprendizaje se inicia con la resolución de problemas (tres series de problemas con tres problemas cada serie); desde el punto de vista didáctico siempre se simultanean los problemas de juntar (sumar), quitar (restar) y repartir (dividir). Se obvian los problemas de multiplicar al considerarlos, más que un problema, una operación aritmética (suma abreviada). Posteriormente se realizan algunas de las actividades complementarias propuestas en el programa (composición de números naturales, las horas, geometría, etc.). Las diferencias fundamentales entre las distintas unidades de aprendizaje en el área «resolución de problemas» se establecen en cuanto a la naturaleza de los problemas (gráfico, mixto y escrito), el nivel de representación (posesión o pertenencia de un objeto, valor o medida de objetos concretos), la numeración con la que se trabaja y la información que se le ofrece en el problema. La estructura semántica de los problemas se mantiene constante en todo el desarrollo del programa: los problemas de juntar (adición) siempre son de combinación; los de quitar (sustracción), de cambio; y los de repartir (división), de razón-partición. Desde el punto de vista metodológico resultan elementos claves del programa: a) atención más a los procesos que a los resultados; b) la interacción verbal como base de la construcción del conocimiento matemático; c) el análisis y la reflexión metacognitiva sobre la resolución de problemas; d) la estructura cíclica de las unidades de aprendizaje; e) el profesor como elemento mediador en el proceso resolutor; y f) el esquema lingüístico de interacción (ELI) como instrumento mediador válido para todos los problemas del programa.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación se ha centrado en dos contenidos básicos de evaluación: por una parte, la evaluación del proceso cuyo objetivo fundamental es conocer el grado de asimilación o incorporación en los alumnos de la estrategia del procedimiento resolutor (integración del esquema lingüístico de interacción); y, por otra, la evaluación de los resultados del programa que tiene por objeto conocer cuáles han sido los principales logros del programa. Este objetivo general se canaliza a través de dos agentes: profesores y alumnos. En relación con el alumno, ese objetivo general se concreta en conocer el grado de consecución de los objetivos

del programa en las distintas áreas curriculares en los alumnos del nivel de primero y segundo de educación primaria con los que se ha desarrollado el programa. Desde la perspectiva de los profesores, ese objetivo se desarrolla de acuerdo con los siguientes objetivos más específicos: a) conocer cómo valoran los profesores los logros alcanzados en el programa en cuanto a la consecución de los objetivos, contenidos, actividades, recursos y aspectos organizativos del mismo; b) conocer qué dimensiones del programa valoran los profesores en relación a la incidencia del desarrollo del programa en los alumnos y c) conocer qué dimensiones del programa valoran los profesores en relación con la influencia que ha ejercido en ellos durante su desarrollo.

Para la evaluación del proceso de implementación del esquema lingüístico de

interacción hemos utilizado como técnica de recogida de datos una escala de observación sistemática tipo lista de control. Los rasgos que constituyen la lista de control son de origen deductivo. Se incluyen las tres etapas fundamentales del proceso resolutor: comprensión del problema, ejecución de una estrategia de solución y verificación o análisis del resultado obtenido al concluir la operación matemática. La evaluación de los logros del programa centrada en los alumnos se realizó a partir de cinco pruebas de carácter criterial teniendo como referentes de comparación los objetivos del programa. Para la evaluación de los resultados según los profesores se realizaron tres sesiones de evaluación durante el desarrollo del programa con objeto de indagar y analizar qué dimensiones resultan a juicio de los profesores más reveladoras de la posible efectividad, incidiendo en este análisis en la in-

fluencia que haya podido ejercer tanto en los alumnos como en los profesores.

Los resultados obtenidos una vez concluida la investigación nos permiten establecer el nivel satisfactorio tanto en lo que se refiere a: la integración del esquema lingüístico de interacción durante el desarrollo del programa; la consecución de los objetivos del mismo; los indicadores cualitativos estimados por los profesores. Su aportación fundamental reside en su carácter de herramienta conceptual, como instrumento que facilita la construcción del pensamiento matemático. Los profesores que lo han desarrollado han detectado en los alumnos claros efectos de tipo actitudinal, cognoscitivo, organizativo y social. Estos efectos se han generalizados a otras áreas del currículo escolar.

LIBROS RECIBIDOS

• González, M.P., Olivares, E., Santisteban, A., Caballero, M., Goded, E. y Serrano, M.P. (1996). *Didáctica de las leyes de Mendel*. Madrid: Cuadernos de la UNED, 156.

• Níeda, J. y Macedo, B. (1997). *Un currículo científico para estudiantes de 1 a 14 años*. Santiago de Chile: OEI y UNESCO.

• AAVV (1996). Representaciones sobre la ciencia y el conocimiento. Física y cultura. *Cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*, núm. 2. Univer-

sidad Pedagógica Nacional. Santafé. Bogotá.

• AAVV (1996). Análisis histórico-crítico. Elementos para la enseñanza de las ciencias (1). Física y cultura. *Cuadernos sobre historia y enseñanza de las Ciencias*, núm. 3. Universidad Pedagógica Nacional. Santafé. Bogotá.

• Educación en Ciencias. (1997). *Revista de la Universidad de General San Martín*, núm. 1. Buenos Aires.

• *Cuadernos de Seminario RAE 21*. Centro de Investigaciones. Universidad Pedagógica Nacional. Santafé. Bogotá.

• *Pedagogía y saberes*, núm. 8. Universidad Pedagógica Nacional. Santafé. Bogotá.

• Torres, A., Cuevas, P. y Naranjo, J. (1996). *Discursos, prácticas y autores de la educación popular*. Universidad Pedagógica Nacional. Santafé. Bogotá.

• Jiménez, A. (dir. ed.) (1996). *Comunicación y educación*. Actas del III Congreso Educación y Sociedad. Granada.