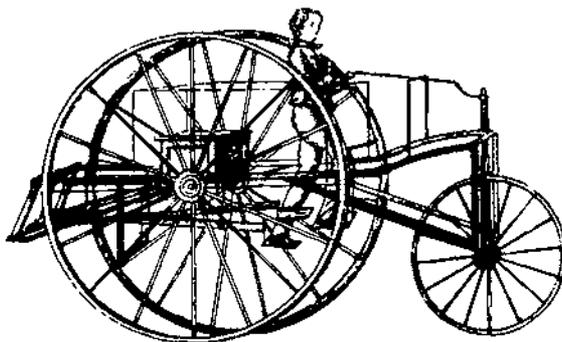


INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA



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 preferentemente acompañado de disquete.

MODOS DE RESOLVER PROBLEMAS Y CONCEPCIONES SOBRE LA MATEMÁTICA Y SU ENSEÑANZA DE PROFESORES DE ALUMNOS DE MÁS DE 14 AÑOS. ALGUNAS APOR-TACIONES A LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Y ESTUDIO DE POSIBLES RELACIONES

Tesis doctoral

Autor: José Carrillo Yáñez
Director: Miguel de Guzmán Ozámiz
Lugar: Facultad de Ciencias de la Educación. Departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Sevilla
Fecha: 16 de julio de 1996

Partiendo de un objetivo último a la vez que demasiado general, cual es la mejora de la enseñanza a través de una mejor capacitación del profesor, el primer foco de atención de este estudio es el modo de

resolver problemas de dichos profesores. Tal atención debe entenderse motivada, no sólo por la constatación de claras deficiencias por parte de los profesores en este terreno, sino por la convicción de que la dedicación a la resolución de problemas puede constituirse en un buen vehículo para poner en juego las concepciones o creencias sobre la matemática y su enseñanza, e incluso para modificarlas eventualmente. Ahora bien, indagar sobre los modos de resolución puede hacerse desde muchas perspectivas e interpretarse a la luz de diferentes variables. En tal sentido, se emplea como variable diferenciadora la concepción del profesor sobre la matemática y su enseñanza.

Los resultados de esta investigación se refieren a las relaciones encontradas y a los instrumentos empleados. Aquéllas dan cuenta de las conexiones detectadas entre los modos de resolver problemas y las concepciones, asociaciones que hablan de la simultaneidad de determina-

das concepciones con determinados modos de resolver problemas. Por su parte, desde el punto de vista de la metodología de la investigación, los instrumentos permiten un análisis cualitativo detallado de los aspectos mencionados.

Para el estudio de las citadas relaciones y para poner de relieve la complejidad que entraña cualquier aproximación a la realidad, se define el concepto de *modelo mental* (interpretación que ha hecho el investigador, a la luz de un modelo teórico, de los que los sujetos analizados han expresado con relación a sus concepciones sobre la matemática y su enseñanza y con relación a sus modos de resolver problemas), enfatizando asimismo la disposición humilde que, a mi entender, debe caracterizar a cualquier investigador a la hora de extraer sus conclusiones, lo que no está en contradicción con la fase de consenso presente en este trabajo (fase final del estudio de concepciones en la que se dan a conocer las conclusiones del investigador, solicitando un posi-

cionamiento de cada sujeto, lo que revierte en las conclusiones definitivas).

La investigación consiste en nueve estudios de caso. Los sujetos son nueve profesores de alumnos de más de 14 años, cuya selección ha estado guiada por criterios de relevancia para la investigación, no de aleatoriedad. El estudio es de laboratorio, es decir, externo al entorno escolar, y sin propósito de generalizar, pero con la intención de descubrir claves del desarrollo profesional.

Desarrolla instrumentos de primer orden o recogida de datos (cuestionarios sobre concepciones y sobre estrategias personales de resolución de problemas, entrevistas sobre concepciones y sobre el proceso de resolución del problema acabado de abordar, y enunciados de problemas), de segundo orden o análisis de datos (categorías e indicadores), de tercer orden o presentación clasificada e interpretación de datos (unidades de información, episodios de los protocolos de resolución, lista de indicadores acompañados de justificaciones, y perfiles) y de cuarto orden o presentación final (informes). Pero el camino para llegar hasta aquí no es en absoluto lineal, sino recursivo y sinuoso, con el firme propósito de dar rigor al proceso.

En lo que a concepciones se refiere, la selección de las unidades de información es uno de los aspectos más delicados de este proceso de análisis cualitativo. Si la hace un único investigador, está amenazada por la subjetividad; si la hacen varios, es imprescindible una fuerte penetración y coherencia que es difícil conseguir fuera de un grupo de trabajo suficientemente consolidado. En nuestro caso, el análisis y la interpretación de la información es llevada a cabo por dos investigadores. Así, la selección se hace individualmente y se discute después. La penetración antes aludida se hace más patente a medida que avanza el estudio. Una vez decididas las unidades del texto que aportan información, se procede a su catalogación. Este proceso sufre varias revisiones y, a su vez, supone una revisión del sistema de categorías e indicadores (modelo teórico). Una de estas revisiones -que llamo revisión vertical- consiste en comparar, en un mismo individuo, todas las unidades catalogadas bajo un mismo indicador, así como todos los indicadores obtenidos, no con el propósito de eliminar incoherencias, sino con el de evitar aquéllas que hayan sido motivadas por errores de apreciación de los investigadores; en la otra -que llamo revisión horizontal-, la comparación es en el mismo sentido pero entre todos los individuos, indicador por indicador. Con ambas se pretende reducir el margen de posibles respuestas caracterizadas bajo

un mismo indicador, así como minimizar las diferencias interpretativas debidas a las alteraciones que supone la no simultaneidad de todos los análisis. Finalmente pongo en conocimiento de los individuos estudiados su modelo mental (en lo que a concepciones se refiere). Ello supone, de un lado, una revisión originada por la negociación y, de otro, un último ajuste (aunque mínimo) del modelo teórico (sistema de categorías e indicadores). Hay que resaltar, en este punto, el alto grado de coincidencia y, en su caso, consenso alcanzado en los nueve casos (la coincidencia en las valoraciones fue superior al 90%).

Análogamente, la interpretación de los datos relativos al modo de resolver problemas comienza con la delimitación de las unidades de información en entrevistas y cuestionario, en concordancia con las categorías e indicadores del instrumento de segundo orden (análisis). Asimismo, cada protocolo es dividido en episodios tras analizar los heurísticos empleados. Las unidades de la entrevista correspondiente a un protocolo y el propio protocolo dan pie a efectuar un primer paso, que es la elaboración de la descripción y valoración general del proceso de resolución de ese problema. Estas descripciones y valoraciones suponen un acercamiento inicial a la información que emana del proceso de resolución de cada problema. Una vez se dispone de las valoraciones de los tres protocolos, se procede a asignar a cada individuo un nivel (de la escala de valoración) por indicador, en base a esas valoraciones y a las unidades de información del cuestionario. Lo que de ahí resulta es una secuencia de niveles (me refiero fundamentalmente a las correspondientes descripciones, no al valor numérico, que es sólo resumen de las mencionadas descripciones), siguiendo a cada uno de ellos una justificación fundada en fragmentos de protocolo (episodios o partes de ellos) y unidades de información de entrevistas y cuestionarios. Dicha secuencia se plasma en un gráfico que informa del perfil del resolutor. Todo este proceso acaba con la redacción de un informe global del modo de resolver problemas de cada individuo. Y, por supuesto, este proceso, para erradicar en lo posible los peligros de la subjetividad, es consensuado por investigador y coinvestigador; ambos llevan en cada paso sus propuestas, llegándose a un acuerdo en la mayoría de los casos y rechazándose algunas unidades o comentarios cuando no es posible el consenso. Además, tal proceso no es lo lineal que puede aparecer en una descripción *a posteriori*. Ha sufrido varias revisiones, las cuales han producido modificaciones en el instrumento de análisis y, consiguientemente, se ha visto la necesidad de volver a revisar para unificar los criterios de dicho análisis. Al igual que

con las concepciones, se efectúa, además, una revisión vertical y otra horizontal. En la vertical se comparan todas las unidades y episodios bajo un mismo indicador dentro de cada individuo, al mismo tiempo que todos los indicadores del mismo individuo, siendo el propósito evitar posibles errores de apreciación de los investigadores y en ningún momento eliminar la coexistencia de niveles de indicadores que podrían ser considerados como extraños. En la revisión horizontal se comparan las justificaciones dadas a los indicadores semejantes de diferentes individuos, siendo el objetivo limar las naturales diferencias de apreciación debidas a la imposible simultaneidad de todos los análisis e informes.

Todo lo que acabo de exponer queda reflejado en los capítulos: I (*Introducción*, p. 1-23), donde se detallan los marcos de la tesis (concepciones y resolución de problemas), las finalidades de la investigación y la caracterización de la misma; II (*Concepciones sobre la matemática y su enseñanza*, p. 24-91), donde se fundamenta teóricamente el estudio de concepciones y se desarrollan los correspondientes instrumentos; III (*Resolución de problemas*, p. 92-192), con similar cometido al anterior capítulo; y IV (*El estudio de casos*, p. 193-606), donde se elabora el modelo mental de cada uno de los sujetos estudiados, cada uno de los cuales acaba con un análisis comparativo de sus concepciones y su modo de resolver problemas.

Los otros dos capítulos del volumen 1 son *Relaciones* (p. 607-622) y *Conclusiones* (p. 623-628). El primero de ellos expone las relaciones encontradas entre los modos de resolver problemas y las concepciones referidas a los nueve individuos analizados, así como posibles explicaciones de la inexistencia de relaciones en algunos casos. El último aporta, como conclusiones, las relaciones antes mencionadas (resaltando la idea de que no se trata más que de una contribución encaminada a ayudar a comprender mejor la realidad y, en todo caso, a establecer condiciones de mejora), así como los instrumentos diseñados para desarrollar la investigación (entre los que se destaca la representación gráfica de los perfiles de resolución de problemas). Este volumen acaba con las *Referencias*, que van acompañadas de las páginas en las que aparecen.

A esto hay que añadir que el volumen 2 (p. 652-1187) se dedica íntegramente a los *Datos*, los cuales aparecen con la exclusiva manipulación que supone el marcado de las unidades de información y la delimitación de episodios, acciones ambas encaminadas a facilitar la localización de las justificaciones.

CREENCIAS Y CONCEPCIONES DE LOS FUTUROS PROFESORES SOBRE LAS MATEMÁTICAS, SU ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE. EVOLUCIÓN DURANTE LAS PRÁCTICAS DE ENSEÑANZA

Tesis doctoral

Autor: *Pablo Flores Martínez*

Director: *Juan Díaz Godino*

Lugar: *Departamento de las Matemáticas. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada*

Fecha: *17 de octubre de 1995*

La formación de profesores de matemáticas de los niveles de enseñanza secundaria es un elemento esencial para la mejora de la educación matemática, especialmente en períodos de reforma educativa. La investigación en didáctica de la matemática reconoce, como campo prioritario, la indagación sistemática sobre estrategias adecuadas de formación inicial y permanente de los profesores y constituye un campo de estudio prioritario.

La investigación que hemos desarrollado se inscribe en este campo de estudio. En ella nos centramos en la formación inicial de profesores de matemáticas de bachillerato durante el desarrollo de la asignatura Prácticas de Enseñanza, que se imparte en 5º curso de la Licenciatura de Matemáticas. Nos hemos situado en el área de estudio que se conoce con el nombre de «pensamiento del profesor», en la que se consideran fundamentales las representaciones del profesor sobre las matemáticas y sobre su tarea profesional. Dentro de estas representaciones ocupan un lugar fundamental las «concepciones y creencias» de los profesores sobre los tres objetos: «matemáticas», «aprendizaje de las matemáticas» y «enseñanza de las matemáticas». Nuestra investigación se ha planteado el caracterizar estos constructos y el crear dispositivos específicos que hagan posible que los profesores en formación reflexionen sobre sus concepciones y creencias. Los objetivos de la investigación son, pues, determinar los contenidos de las concepciones y creencias sobre las matemáticas, su enseñanza y aprendizaje de los estudiantes para profesor de matemáticas de bachillerato, y examinar cómo evolucionan estas concepciones y creencias tras el «primer encuentro con la práctica docente».

Las concepciones y creencias de los sujetos son constructos psicológicos que no son directamente observables. Pertenecen a un nivel de información profundo, inconsciente muchas veces, por lo

que se precisan métodos indirectos que las hagan emerger. En nuestra investigación hemos empleado dos elementos claves de nuestra investigación: el comentario de textos, como instrumento de toma de datos, y la «rejilla» o sistema de categorías de los constructos, como instrumento de categorización.

El comentario de un texto de carácter epistemológico-didáctico pretendía suministrar a los estudiantes un texto de partida con objeto de que lo resuman y se posicionen. Para ello elegimos un texto aparecido en una revista, en el que se hacía una reflexión sobre dos posturas epistemológicas en relación con las matemáticas y a la enseñanza que deriva de estas posturas: el realismo y el constructivismo. Este instrumento se ha constituido en test del que inferir las concepciones antes y después de haber realizado el curso de formación. Después de la primera realización del comentario de textos, realizamos entrevistas para explicitar términos que aparecían oscuros en las respuestas de algunos estudiantes. Para estudiar el proceso de evolución, hemos estudiado los documentos producidos por los estudiantes para profesores a lo largo del curso, junto con las entrevistas.

Para organizar los datos que aparecerían en el comentario de textos, hemos definido una variable bidimensional categórica, producto cartesiano de otras dos variables que denominamos *planos* y *etapas*. La variable *planos* tiene en cuenta los distintos ámbitos de estudio que interesan a la educación matemática, diferenciados por los sujetos que actúan y por la naturaleza del conocimiento matemático que manejan (*plano del conocimiento matemático, plano psicológico, plano didáctico y las interacciones entre estos planos*). La variable *etapa* permite distinguir las fases que atraviesa el conocimiento que interviene en cada plano (*génesis-gnoseología; caracterización-ontología; sanción-validación*).

Empleando el comentario de texto como reactivo y la rejilla como instrumentos de recogida y análisis de datos, hemos estudiado las creencias y concepciones colectivas de un grupo de 25 estudiantes del último curso de la Licenciatura de Matemáticas, en dos momentos del desarrollo de la asignatura Prácticas de Enseñanza. Para ello hemos descompuesto el texto a comentar en unidades de significado y hemos construido una tabla de contingencia con ayuda de la rejilla. A esta tabla, le hemos aplicado un análisis de correspondencias múltiple dando lugar a dos factores principales. El primero lo hemos identificado con la variable *polo* (*realismo-constructivismo*). El segundo se extiende entre las categorías de

epistemología de las matemáticas (plano epistemológico, etapa ontológica) y *enseñanza de las matemáticas* (etapa de acceso, plano didáctico). Sobre esta estructura del texto hemos proyectado las respuestas del grupo de estudiantes, mediante la realización de una tabla de contingencia por estudiante y momento (antes y después de las prácticas). También hemos realizado una tabla de contingencia del grupo. A estas tablas hemos aplicado un análisis multivariante siguiendo un modelo logarítmico lineal. Hemos completado este análisis con un contraste entre las respuestas de los estudiantes y la elección realizada por unos jueces, y aplicando un análisis de varianza a las tablas de coincidencias entre estudiantes y jueces, antes y después de las prácticas. En los dos análisis realizados hemos apreciado que los estudiantes han identificado el texto como un discurso didáctico, en el que la oposición realismo-constructivismo se identifica con la dialéctica entre enseñanza tradicional y enseñanza activa. No aparecen diferencias significativas en las respuestas del grupo de estudiantes antes y después de realizar las prácticas, pero sí han aparecido diferencias en estudiantes concretos.

Hemos considerado necesario completar este aspecto de la investigación con un estudio interpretativo que aporte descripciones pormenorizadas de perfiles prototípicos de sujetos. Por este motivo hemos extendido nuestra investigación en la dirección del estudio de casos. Para ello hemos tenido en cuenta, además del comentario de textos, diversas producciones escritas elaboradas durante el curso y el protocolo de una entrevista personal en profundidad. Todos estos documentos han sido clasificados empleando la rejilla. La síntesis posterior a partir de estas rejillas nos ha permitido obtener el perfil de las creencias y concepciones sobre las matemáticas y su enseñanza de dos estudiantes de la asignatura, en relación con cinco aspectos: la forma en que conciben el conocimiento matemático, su actitud ante este conocimiento, la forma en que caracterizan la enseñanza, cómo conciben su proceso de formación y qué expectativas se plantean como profesores.

SUPERPOSITION DES CHAMPS ELECTRIQUES ET CAUSALITE: ETUDE DE RAISONNEMENTS, ELABORATION ET EVALUATION D'UNE INTERVENTION PEDAGOGIQUE EN CLASSE DE MATHEMATIQUES SPECIALES TECHNOLOGIQUES

Tesis doctoral

Autora: *Sylvie Rainson*

Directora: *Laurence Viennot*

Lugar: *Université Paris 7 Denis Diderot*

Fecha: *1 de diciembre de 1995*

Résumé

Cette recherche porte sur:

... l'étude des raisonnements des étudiants à propos de la superposition des champs électriques;

... la mise au point et l'évaluation d'une séquence sur ce thème.

Le principe de superposition, qui stipule que toutes les charges électriques présentes dans un système contribuent au champ total selon la loi de Coulomb, est essentiel pour aboutir à une compréhension unifiée de l'électrostatique et de l'électrocinétique. Notre hypothèse est qu'au cours de l'utilisation de ce principe apparaissent des difficultés liées à une conception étroite de la causalité. Cette hypothèse détermine l'étude de raisonnements préalables et certains des leviers de la séquence.

Après une enquête préliminaire, les outils de la recherche ont été principalement des questionnaires papier-crayon. Deux obstacles ont été mis en évidence:

... les étudiants ont souvent des difficultés à envisager l'existence d'un champ électrique dans un milieu où les charges sont immobiles.

... de nombreux étudiants attribuent un contenu causal abusif aux relations littérales entre grandeurs physiques, ils oublient les sources du champ qui ne figurent pas explicitement dans son expression.

Une analyse de manuels scolaires indique que ces difficultés ne sont pas prises en compte habituellement dans l'enseignement.

L'intervention pédagogique construite et affinée progressivement au cours de trois années d'expérimentation est destinée à une classe de Mathématiques Spéciales Technologiques, dont les fortes contraintes ont été respectées. Pour tenter de s'appuyer sur l'aspect causal du raison-

nement tout en maîtrisant ses limitations habituelles, l'accent a été mis sur les changements de grandeurs physiques dans des modifications de situations. L'évaluation s'est faite essentiellement à l'aide d'un questionnaire, en comparant des groupes témoins et expérimentaux. Les résultats suggèrent la pertinence de nos leviers d'action pédagogique. La permanence de certaines difficultés est également illustrée.

LE TUTORAT DANS LES SYSTEMES INFORMATISES D'APPRENTISSAGE: ETUDE DE LA CONCEPTION ET REALISATION D'UN TUTORIEL D'AIDE A LA REPRESENTATION PHYSIQUE DES SITUATIONS ETUDIEES PAR LA MECANIQUE

Tesis doctoral

Autora: *Angélique Dimitracopoulou*

Lugar: *Université Paris 7 Denis Diderot*

Fecha: *22 de septiembre de 1995*

Résumé

La modélisation des processus tutoriels, question cruciale au sein de la didactique computationnelle, est au centre de notre recherche de conception du prototype ARPIA: un tutoriel d'Aide à la Représentation Physique des situations en mécanique qui est Interactif et Adapté à l'apprenant. Notre préoccupation est d'aider les élèves (de 17-19 ans) qui ont des difficultés pour élaborer une représentation physique (diagramme de Forces et de Mouvements). Le cadre théorique repose sur des analyses des difficultés des élèves, hypothèses sur l'apprentissage). L'interface de communication a été conçue de façon à permettre à l'élève de construire directement ses représentations (par exemple en traçant des vecteurs). Le diagnostic cognitif identifie et interprète la représentation de l'élève. Le prototype dispose actuellement de huit types d'actions tutorielles par exemple «Conseil d'utilisation d'une technique», «Incitation à la mise en œuvre des procédures de contrôle», «Procédure de correction de l'erreur par l'élève», «Processus d'Explication», etc. L'évaluation du tutoriel a démontré qu'il est effectivement approprié pour l'apprentissage de l'élaboration de la représentation physique et a mis en évidence l'existence de voies d'amélioration et d'extensions possibles.

DIDACTIQUE DES SCIENCES PHYSIQUES ET FORMATION DES MAITRES: CONTRIBUTION A L'ANALYSE D'UN OBJET NAISSANT

Tesis doctoral

Autor: *Guy Robardet*

Fecha: *13 de diciembre de 1995*

Résumé

La thèse que nous nous proposons de développer dans ce document concerne la formation professionnelle des futurs professeurs de lycées et de collèges de sciences physiques. Elle se propose d'apporter sa contribution à l'analyse du rôle que joue l'introduction de la didactique des sciences physiques dans la formation initiale donnée dans les IUFM à ces futurs enseignants et des problèmes qu'elle rencontre.

Des voix se sont, en effet, parfois élevées chez les professeurs, dans les sphères de la formation des maîtres, parmi les formateurs, les étudiants, les futurs enseignants, ou parmi les responsables institutionnels de l'éducation pour attirer l'attention sur les difficultés que rencontreraient les approches didactiques. Celles-ci feraient, en effet, appel à des concepts trop difficiles à comprendre, elles seraient de ce fait peu applicables en classe ou bien nécessiteraient une grande maîtrise et une longue expérience d'enseignement pour pouvoir être appréhendées de manière efficace. Ainsi, selon les opinions précédents, il n'y aurait pas lieu d'accorder une place trop importante aux approches didactiques dans la formation initiale des maîtres.

La question traitée dans la thèse concerne essentiellement l'étude des places institutionnelles faites à la didactique des sciences physiques selon les IUFM et les effets que cela peut avoir sur la façon dont les futurs professeurs en formation conçoivent les sciences physiques et leur enseignement. Pour cela nous nous sommes attachés à tenter de savoir si l'introduction des approches didactiques dans la formation des professeurs de sciences physiques rencontrait des obstacles et, dans l'affirmative, quelle en était la nature et le degré de résistance.

Une étude d'opinion conduite auprès de 207 professeurs, étudiants et stagiaires en IUFM, relatives à la science, à son enseignement et à l'apprentissage des élèves, nous a permis d'identifier dans la population étudiée deux représentations contradictoires. Selon la première, qualifiée de *naturaliste*, les connaissances se construiraient naturellement chez l'élève,

selon un processus passif, fondé sur l'induction naturelle des lois à partir de l'observation première des phénomènes expérimentaux. Selon la seconde, plus conforme aux approches épistémologiques et psychologiques contemporaines, et que nous avons qualifiée d'*anti-naturaliste*, l'observation et l'expérience seraient, au contraire, guidées par des considérations théoriques posées a priori et génératrices d'hypothèses, la construction des connaissances supposant un travail mental actif chez l'élève.

La thèse montre que la représentation naturaliste est largement dominante dans la population étudiée mais qu'elle ne semble pas se constituer en obstacle épistémologique fort analogue à ceux qui se manifestent dans la construction des connaissances en physique. Ainsi, les difficultés que rencontre la didactique des sciences pour s'imposer en formation des maîtres comme une référence possible ne semblent pas reposer sur l'existence d'un système de croyances enraciné au niveau des modes de raisonnement spontanés des individus. Il apparaît, au contraire, que cette représentation présente une grande sensibilité vis-à-vis des choix explicites et implicites des institutions et que ces derniers semblent s'avérer déterminants dans les conformités *contractuelles* produites chez les étudiants en formation.

RESOLUTION DE PROBLEME DE PHYSIQUE EN PETITS GROUPES. APPORTS ET DIFFICULTES

Tesis doctoral

Autor: *Gomatos Léonidas*
 Director: *Andrée Dumas-Carré*
 Lugar: *Université Paris 7 Denis Diderot*
 Fecha: *Octubre de 1996*

Ce travail s'intéresse aux interactions verbales entre élèves qui résolvent des problèmes de physique en petits groupes. Les questions posées sont les suivantes: «Comment évoluent les représentations du problème que se font les élèves engagés dans un travail de résolution de problèmes en groupes? Le professeur peut-il intervenir dans ce processus?»

Afin de répondre à ces questions deux expérimentations ont été conçues et réalisées.

La première a eu lieu dans une classe de seconde d'un lycée à Athènes. Les élèves

de cette classe résolvent pendant toute une année scolaire des problèmes de mécanique en groupes. Ces problèmes sont ouverts sur les conditions et/ou sur les données ce qui contribue à ce que les élèves expriment et rendent publiques leurs représentations du problème. Les séances sont enregistrées sur magnétophone puis entièrement transcrites.

Dans le but d'analyser ce matériel nous avons mis au point un instrument d'analyse basé sur la décomposition de la représentation d'un problème de mécanique selon quatre descripteurs (interactions, espace, temps, mouvements) proposée par le groupe PROPY. Cette grille d'analyse a permis, à la fois de sélectionner les énoncés d'élèves porteurs d'information sur la représentation qu'ils se font du problème, et de caractériser des types d'évolution de cette représentation:

Nous avons défini cinq types d'évolution de la représentation:

- évolution par développement (chaque fois qu'un élément nouveau est énoncé);
- évolution par changement de modélisation (des éléments de représentation déjà évoqués sont repris dans un nouveau cadre de modélisation);
- évolution par changement de registre de formulation (chaque fois qu'un élément évoqué en terme de faits ou événement est repris en termes de concepts physiques ou vice versa);
- évolution par structuration (chaque fois que 2 ou plus des descripteurs sont évoqués en même temps et qu'une mise en relation est faite);
- évolution par changement (chaque fois qu'un élément de représentation déjà énoncé est modifié et qu'il y a une contradiction quelconque entre l'ancien et le nouveau).

Les hypothèses suivantes ont été confortées par nos analyses:

– Les élèves ne disent pas n'importe quoi durant la résolution. Leurs énoncés s'enchaînent et on repère souvent des filiations. Tout élément nouveau peut généralement être expliqué à partir de ce qui a été dit durant la discussion de groupe. Cette continuité de la pensée des élèves a justifié notre démarche de suivre l'évolution de la représentation du problème ce qui nous a permis d'esquisser les apports et les difficultés de la résolution en groupe.

– Les représentations du problème que se font les élèves du groupe s'enrichissent par la multitude d'expressions d'éléments de représentation par les élèves du groupe.

– Cet enrichissement n'assure pas la mise en relation d'éléments de la représentation. Il semble que les interactions entre élèves servent surtout à déplacer l'attention d'un élément de représentation à un autre et très rarement à fixer l'attention sur un aspect particulier pour structurer.

La deuxième expérimentation se donne comme objectif de tester une proposition didactique afin de dépasser certaines des difficultés repérées pendant la première expérimentation. Elle consiste en l'introduction d'un système de représentations symboliques intermédiaires entre le niveau de formulation concret-événementiel et le niveau physico-mathématique. Le domaine est cette fois la thermodynamique élémentaire et plus précisément les états de gaz parfaits.

L'expérimentation a eu lieu dans une école technique dans une classe correspondant à une classe de première. Une équipe d'élèves est suivie pendant la résolution de problèmes avant et après l'introduction des symbolismes intermédiaires. Les principaux résultats sont les suivants:

– Les représentations symboliques ont été facilement apprises par les élèves. Ces derniers les ont utilisées pendant la résolution de problèmes mais pas toujours spontanément.

– Un progrès cognitif a été remarqué dans la résolution des problèmes après l'introduction des représentations symboliques par rapport aux performances des élèves dans les problèmes avant l'introduction.

– L'emploi des représentations symboliques par les élèves a amélioré la lisibilité des séances pour le maître.

Mots-clés: résolution de problèmes, mécanique, thermodynamique, petits groupes d'élèves.

CÓMO ABORDAN LOS PROBLEMAS DE INDUCCIÓN LOS PARTICIPANTES DEL VI OPEN MATEMÁTICO. UN ESTUDIO DESCRIPTIVO

Tesis de maestría

Autor: Antonio Ledesma López
 Directora: M. Luz Callejo de la Vega
 Lugar: Universidad Carlos III de Madrid
 Programa: Maestría en Educación Secundaria Obligatoria. Especialidad en Didáctica de las Matemáticas.
 Instituto de Estudios Pedagógicos de Somosaguas (IEPS) y Universidad Carlos III
 Fecha: 1 de marzo de 1996

El análisis de la realidad de nuestro centro (IB de Requena) y su entorno (comarca Requena-Utiel) reveló elevadas dosis de ansiedad en alumnos y padres respecto a la asignatura de Matemáticas. Para luchar contra ella se diseñó y se puso en práctica un amplio programa de popularización de las matemáticas, con carácter anual, que incluía una actividad extraescolar, de larga duración, como era un concurso abierto de resolución de problemas: el *Open matemático*.

Tratando de llevar un seguimiento riguroso y sistemático de dicho certamen, planteamos una investigación que centraba su atención en la fase de abordaje de un tipo concreto de problemas que, a lo largo de las distintas ediciones del Open, ha sido resuelto con éxito por alumnos de muy distintos niveles (EGB, FP, BUP y COU), y de una forma que va, en una gama amplia, de la puramente académica a la meramente intuitiva, y que hemos denominado *problemas de inducción*.

Señala Y. A. Gástev que la *inducción*, es decir, la sugerencia de una idea o una hipótesis, sin duda desempeña en las matemáticas un papel importante pero puramente heurístico: permite adivinar cuál debe ser, según todas las apariencias, la solución. Pero las proposiciones se demuestran siempre deductivamente. Ningún resultado matemático puede considerarse justo, válido, si no ha sido deducido de las proposiciones de partida.

Y un método especial de demostración matemática es el *método de inducción matemática* que, según Goloviná y Yaglom, permite, a base de observaciones particulares, juzgar de las regularidades generales correspondientes.

• Los problemas a los que se refiere el estudio fomentan un papel heurístico,

exploratorio, de indagación, sugeridor, de intuición. Con ellos los participantes se ven expuestos a realizar observaciones particulares con el fin, unas veces, de descubrir la regla o los principios del caso general y, otras, de conquistar un valor concreto en el caso, también particular, de un parámetro *n* relativamente elevado. Contribuyen a crear una *actitud inductiva*, una actitud que requiere saber ascender de las observaciones a las generalizaciones y descender de las generalizaciones más altas a las más concretas particularizaciones (Polya). Y, finalmente, obligarán al alumno a seguir un *razonamiento combinatorio*: desde practicar enumeraciones, hacer recuentos o clasificar, hasta certificar existencias u optimizar una elección.

Al resolverlos se identificarán, en general, los siguientes aspectos:

- Formación efectiva de las configuraciones para unos valores pequeños.
- Descripción del proceso constructivo de formación de todas las configuraciones.
- Demostración lógica, más o menos formal, de que el proceso seguido garantiza que no falta ninguna de las posibles configuraciones. (Batanero, Díaz y Navarro-Pelayo, 1994).

A modo de ejemplo, he aquí el enunciado de dos de los problemas seleccionados para la investigación:

Triángulo de lados enteros

¿Cuántos triángulos con lados enteros hay que su lado mayor mida 15 cm? ¿Y si su lado mayor mide 20 cm?

Contando varillas

Para construir con varillas un cubo 2x2x2 se requieren 54 varillas. ¿Cuántas varillas se necesitan para construir uno de 5x5x5? ¿Y para construir un cubo $n \times n \times n$?

• Se emplea una metodología «cualitativa», con carácter eminentemente «descriptivo», *interpretativo y transversal*. Los protocolos de resolución de problemas de los 66 participantes de la sexta edición del Open matemático se someten a un *análisis de contenido* utilizando, entre otras, seis categorías principales:

- Técnicas de recuento utilizadas: tanteos, esquematización, sistematización ...
- Potencialidad de los algoritmos de enumeración.

- ¿Particulariza o generaliza?
- Estrategias de resolución empleadas.
- La conjetura obtenida, ¿se intuyó simplemente o se probó rigurosamente?
- Grado de conocimiento del método de inducción matemática.

• Los resultados demuestran la influencia del enunciado en el tratamiento de los problemas según éste demande una solución para un caso particular o en general y según presente o no ejemplos.

• Gracias a una fuerte motivación, a una voluntad firme y nada desdeñable por abordarlos, y a una constancia y una tensión sostenida, a lo largo del proceso de resolución, por un lado, surgen, de forma natural, *estrategias de resolución de problemas*, como *tantear aleatoria o sistemáticamente, tabular o esquematizar* para ir registrando la información que se va obteniendo, *particularizar, proponer un caso más sencillo o uno análogo*, e incluso algunos alumnos en algunos problemas se ven abocados a *empezar por el final*; y, por otro, se diseñan *procedimientos de enumeración* riquísimos, originales y muy variados, con una desigual potencialidad o facilidad, no siempre aprovechada, para generalizar.

La enumeración ha sido larga, laboriosa, muchas veces exhaustiva, y así, como ventajas en la vertiente actitudinal, hay que señalar el derroche de organización, sistematicidad, concentración y perseverancia de que han hecho gala los participantes. Pero este comportamiento también mostró sus inconvenientes, pues se aprecian momentos en los que disminuye la atención, altibajos en la concentración, impulsividad y osadía, superficialidad y rebuscamiento..., toda una gama de actitudes que certifican el grado de inconsistencia y la falta de solidez que aún existen en su *modus operandi* y que caracterizan no tanto a los eventuales resolutores de problemas como a los novatos o aspirantes a serlo. Todas estas actitudes se constatan en los participantes con independencia de la edad que tienen y del nivel que cursan. Las diferencias en este aspecto se notan en que a edades más tempranas (EGB) falta seguridad, hay menos grado de comprensión de los enunciados, más superficialidad en el tratamiento, menos recursos y, lo más notorio, predomina el carácter numérico sobre el geométrico.

La *generalización* como estrategia de resolución de problemas no es utilizada por ningún participante. Lo que sí se detecta son intentos de dar respuesta en general a problemas que la demandan en

particular ($P(n)$) por algún concursante y que todos se atreven a ello cuando la piden en general ($P(n)$). Nuevamente el enunciado resulta crucial: en particular, retrae la generalización y, en general, más que agilizarla, la precipita.

La regla matemática se explicita o se formula a partir de una o, como mucho, dos evidencias particulares. Se inicia una secuencia numérica y se continúa hasta atisbar la expresión general. Lo que se hace es *emitir conjeturas*, presunciones, constatándose así que los participantes han seguido lo que Polya (1966) denomina *patrón inductivo básico*. ($A \Rightarrow B$ y B es verdadera; luego A es más digna de crédito).

- En cuanto a la *formalización* de estas conjeturas, se detectan más dificultades y deficiencias en alumnos de EGB y de FP que en los de BUP: no se encuentran símbolos para indicar lo que se quiere decir, no concuerdan los utilizados con lo que se pretende expresar, o no se recuerdan las peculiaridades de los que se emplean.

- No hay *justificación de las conjeturas*. Los participantes no sienten necesidad de hacerlo. Rara vez esgrimen argumentos a modo de demostración. El simple hecho de encontrar una expresión general es considerado como prueba y solución cerrada del problema. El alumno no es consciente de la provisionalidad de tales conclusiones.

En los problemas analizados, ningún concursante hizo uso del método de demostración por *inducción completa*. Es posible que no se contemple su enseñanza en ningún nivel de secundaria ni en ningún centro de la comarca.

- En pocos trabajos se han visto *cambios de procedimientos* para resolver los problemas. Es importante subrayar que no hay oscilación entre procedimientos, que sólo se da un cambio, se pasa de uno a otro, no hay ida y vuelta ni salto a un tercero. Esto es señal de la bisoñez latente de los participantes. Ya indica Schoenfeld (1985) que el vaivén entre las distintas fases de resolución de un problema y entre procedimientos es síntoma de versatilidad, de flexibilidad de pensamiento, de otras características que distinguen al resolutor de problemas experto del principiante.

Como consecuencia del estudio podemos extraer las siguientes conclusiones:

1) Los problemas de inducción son abordables, asequibles a los participantes con independencia de la edad o nivel que cursen. Las situaciones de bloqueo no se producen tanto por falta de conocimien-

tos como por vislumbrar una enumeración tediosa y larga. Es de destacar a la hora de abordar un problema que el resolutor está dispuesto a proseguir la enumeración sólo hasta cierto punto. Ese momento de bloqueo, en el mejor de los casos de reflexión, es crítico y muy rico, y se caracteriza porque:

- Se produce cierta paralización en el proceso de resolución.

- En él pueden darse: renunciias a las enumeraciones, estrategias de recuento y cambios de estrategias o de procedimiento.

- Se experimenta ansiedad, desaliento e incertidumbre o entusiasmo, incitación y disfrute.

- Se crean expectativas.

- Se producen deserciones.

Este momento que supone tan ricas vivencias, lo denominamos *umbral de generalización*, pues es en él cuando se puede ver luz para formular una regla general, para emitir una conjetura. Su aparición y duración depende de cada problema y de cada individuo. La instrucción debe llevar a cada alumno, con problemas adecuados y con la mayor frecuencia posible, a su correspondiente umbral de generalización, para que aprenda a estar y a desenvolverse en él.

2) Sería ideal forjar un modo de comportamiento independiente de la forma en que esté planteado el enunciado y considerar el *problema un entorno de aprendizaje*, una idea a explotar, un camino a seguir y no simplemente una pregunta a contestar o una solución a buscar.

3) Los problemas han sido abordados siguiendo el *patrón inductivo básico*. Parte de culpa en esta manera de proceder es achacable al profesorado que actúa con frecuencia siguiendo también el *patrón inductivo básico* en sus explicaciones, en sus demostraciones... Tal vez el propio jurado del Open contribuya a ello valorando positivamente los trabajos con sólo intuir la conjetura. En este sentido cabe exigir una férrea *autodisciplina* al profesor, al instructor, para que remarque enfáticamente y de forma continua la *distinción* entre los *parece ser...* y los *así es porque...*

4) Los participantes, al considerar las conjeturas como soluciones, no sienten la necesidad de justificarlas y ni siquiera de aportar argumentos que la confirmen.

El método de inducción completa parece desconocido, tal vez esté por encima del nivel que cursan los participantes. Nosot-

ros creemos que trabajar la *recursividad* puede facilitar la aproximación al método y, por ende, mejorar la capacidad de razonamiento combinatorio.

Una ardua y, a la vez, apasionante labor del profesor es fomentar la *actitud inductiva*, inculcar, cuanto antes, una actitud crítica que permita al alumno discernir el razonamiento provisional, azaroso aunque plausible del que conduce a la certeza total. Y la resolución de problemas es el medio ideal para lograrlo porque permite revivir *la esencia del quehacer matemático*.

LA SECUENCIACIÓN DE CONTENIDOS EN EL CURRÍCULO DE CIENCIAS EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

Tesis de maestría

Autor: Marcos Moreno Lorite
Directora: Rufina Gutiérrez Goncet
Lugar: Universidad Carlos III de Madrid
Fecha: 1 de marzo de 1996

El punto de partida de nuestro trabajo se sitúa en la experiencia del autor, como profesor del Área de Ciencias de la Naturaleza en la educación secundaria obligatoria, y en las tareas de planificación que ésta conlleva. Entre ellas, una de las más complejas es la secuenciación de contenidos, valoración con la que coincide el propio MEC y que queda corroborada por el escaso número de referencias encontradas y por la carencia de investigaciones en este ámbito. Desde esta perspectiva, la finalidad del trabajo se orienta a la búsqueda de una propuesta metodológica que haga posible el llevar a cabo la secuenciación de los contenidos en el currículo de ciencias en la educación secundaria obligatoria, superando las limitaciones e insuficiencias actuales.

El análisis del estado de la cuestión nos lleva a abordar, en primer lugar, las aportaciones que se desprenden, con respecto a la secuenciación, de las diversas concepciones acerca del aprendizaje humano recogidas en los modelos de Gagné, Ausubel, Piaget, el currículo en espiral de Bruner y el enfoque constructivista del currículo, así como aquellas más específicas que nos informarían de la secuenciación de los contenidos procedimentales y actitudinales. A continua-

ción, hemos realizado un análisis de los criterios de secuenciación que se han utilizado en los proyectos que han tenido una mayor repercusión en la enseñanza de las ciencias, tales como los proyectos surgidos con el movimiento de reforma curricular, los proyectos de ciencia integrada, los proyectos de orientación constructivista y los proyectos con enfoque ciencia-tecnología-sociedad. Y finalmente, recogemos las aportaciones surgidas en nuestro país con la reforma educativa, tanto las realizadas por el propio MEC, como las publicadas de forma específica para secuenciar los contenidos del área de ciencias de la naturaleza en la educación secundaria obligatoria.

Del análisis realizado, hemos puesto de manifiesto algunas insuficiencias tales como la atomización de los criterios utilizados que responden a diferentes teorías y modelos, la necesidad de investigar la secuenciación de los contenidos procedimentales y actitudinales y la conveniencia de establecer una estrategia metodológica que permita operativizar e integrar los diferentes criterios de secuenciación. Este último requerimiento creemos que en parte es abordado por la teoría de la elaboración (TE). La TE se sitúa en el ámbito de las teorías del macrodiseño y prescribe macroestrategias organizativas, entre otras, las relativas a la secuenciación. Sin embargo, del análisis de la secuencia elaborativa que propone esta teoría, se desprenden algunas limitaciones e insuficiencias tales como no tener en cuenta las ideas construidas espontáneamente por los sujetos en relación con los contenidos a los que se refiere la secuencia, así como su demanda cognitiva.

Por tanto, en el momento actual, la secuenciación de contenidos se enfrenta a dos grandes retos como son la necesidad de integrar los criterios de secuenciación aportados desde los diferentes modelos y el diseño de una propuesta metodológica que supere las limitaciones presentes en la TE. Esto nos lleva a concebir la secuenciación como un proceso iterativo de reflexión didáctica que tendrá por

finalidad obtener una secuencia óptima, en función del desarrollo de la investigación didáctica, y que será el resultado de la aplicación de los criterios de secuenciación establecidos que guarde el mayor nivel de compatibilidad con todos ellos.

En base a estas consideraciones, en nuestro trabajo llevamos a cabo el diseño de una propuesta metodológica basada en la TE que incorpora como criterios de optimización externos aquéllos que hemos señalado como insuficiencias de la propia teoría. La propuesta queda recogida en las siguientes fases:

1. Elección del contenido organizador en función de las intenciones educativas planteadas (los principios para el currículo de ciencias).
2. Elaboración de la estructura de conocimiento.
3. Definición del epítome.
4. Optimización de la secuencia mediante la aplicación de criterios externos a la TE (ideas previas del alumnado y demanda cognitiva de los contenidos).
5. Distribución del contenido organizador en los niveles de elaboración (secuenciación interciclos).
6. Distribución del contenido organizador de cada nivel de elaboración en unidades didácticas (secuenciación intraciclo/interlecciones).

Con respecto a la TE, la propuesta diseñada presenta algunas diferencias tales como no identificar el contenido soporte, los prerrequisitos de aprendizaje, los resúmenes y las síntesis, con la finalidad de no cerrar prematuramente la secuencia y facilitar así el diseño de las unidades didácticas resultantes y su aplicación a diversos contextos. Otras de sus características son la asignación de un nivel de elaboración para cada uno de los ciclos que integran la etapa, la elección de los principios como contenido organizador

para el área de ciencias y la aplicación de criterios de optimización externos a la propia teoría.

El bloque de contenidos elegido para realizar la secuenciación ha sido el de «La Tierra en el Universo» que forma parte del currículo del área de ciencias de la naturaleza en la educación secundaria obligatoria. La elección ha estado guiada por la intención de contribuir a la integración de estos contenidos en el currículo de ciencias, dada la situación precaria que hoy día presenta su enseñanza.

La secuencia obtenida ha sido validada mediante jueces y presenta, entre otras, las siguientes ventajas:

1. Aporta una estructura de conocimiento que integra los principios que deben enseñarse en cada unidad didáctica.
2. Integra criterios de secuenciación no contemplados en la TE que contribuyen a optimizar la secuencia, lo que supone analizar el estado de la cuestión con respecto a las concepciones del alumnado sobre el tema y establecer la demanda cognitiva de los contenidos que vamos a secuenciar.
3. Proporciona una secuencia abierta que facilita el diseño de las unidades didácticas resultantes y la toma de decisiones en el micronivel.

El proceso de análisis y secuenciación ha supuesto también una reflexión en torno a qué enseñar, poniéndose de manifiesto relaciones no contempladas habitualmente entre los contenidos astronómicos y meteorológicos, así como la necesidad de integrar contenidos relevantes para la formación de los alumnos, pero frecuentemente ausentes, tales como los relativos al «calendario». De ahí que la secuencia interlecciones obtenida constituya también una propuesta de ciencia escolar para la educación secundaria obligatoria de los contenidos relativos a «La Tierra en el Universo».