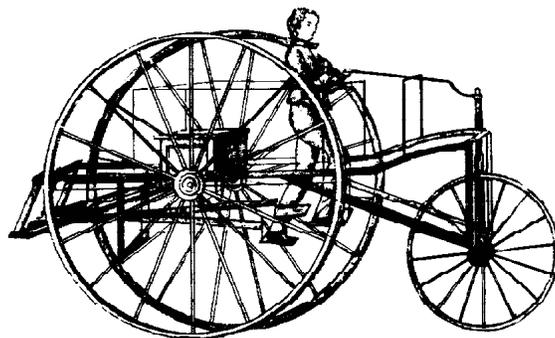


# INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA



## 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.

#### **LOS MEDIOS DE REPRESENTACIÓN GRÁFICA EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA. EFECTOS SOBRE EL APRENDIZAJE DE LA MECÁNICA ELEMENTAL**

*Tesis doctoral*

Autor: Jiménez Valladares, Juan de Dios  
Director: Perales Palacios, Francisco Javier

Lugar: Departamento de Didáctica de la Ciencias Experimentales de la Universidad de Granada

Programa de doctorado: Didáctica de las Ciencias Experimentales

Fecha: 18 de diciembre de 1998

#### **Resumen**

La enseñanza de la ciencia emplea las imágenes con profusión y con finalidades muy diversas. Por el contrario, no abundan los estudios que aborden su utilización en los libros de texto y en el aula.

Coincide además que las nuevas tecnologías reprográficas están poniendo al alcance de los diseñadores gráficos herramientas muy poderosas que impulsan una evolución fácilmente perceptible. Cabe preguntarse si estos cambios obedecen a criterios pedagógicos fundamentados o, por el contrario, se deben a necesidades comerciales o simplemente al capricho de los ilustradores.

El trabajo realizado comienza por situar el problema de la comprensión de la imagen en el contexto de la enseñanza de la física y la química en la educación secundaria obligatoria bajo la perspectiva de las contribuciones de diversas teorías (Gestalt, modelos mentales, codificación dual), recoge los resultados de recientes investigaciones empíricas sobre utilización de las imágenes didácticas y aborda las relaciones entre las actividades de modelización y la representación gráfica de conceptos.

Como resultado de este análisis previo se destaca que la interpretación de las imá-

genes viene limitada por dos factores independientes, las convenciones gráficas, procedentes de las peculiaridades del sistema perceptivo y el conocimiento previo del lector. Dentro del conocimiento previo de los lectores se encuentran las convenciones sociales respecto al uso de los signos en la comunicación. Un tercer factor que se añade en la comprensión de las imágenes en el contexto escolar es la tarea concreta que acompaña a la imagen.

Desde esta perspectiva se ha realizado un estudio histórico y semántico de la notación vectorial aplicada a la enseñanza de la mecánica elemental que, junto con el análisis de las dificultades de aprendizaje, se traduce finalmente en una propuesta de representación gráfica, alternativa a la representación vectorial tradicional, que trata de mejorar la adquisición del concepto de *fuerza*. La representación vectorial más frecuente en los libros de texto, y utilizada por el profesorado en la resolución de problemas, superpone los vectores fuerza sobre dibujos que repre-

sentan objetos reales, configurando un espacio heterogéneo de representación –representación vectorial heterogénea, RVH– que aumenta las dificultades de aprendizaje. La propuesta gráfica ensayada, denominada RSI –representación simbólica de interacciones–, procede de una simplificación de los diagramas de interacciones de Dumas-Carré y se utiliza en una secuencia didáctica basada en la noción de *precursor* de Lemeignan y Weil-Barais. Esta propuesta gráfica y metodológica se ensaya con dos grupos naturales de alumnos de cuarto curso de ESO durante los cursos 1995-96 y 1996-97, respectivamente.

Paralelamente se desarrolla y aplica una metodología para la valoración de las ilustraciones contenidas en los libros de texto de este nivel.

Para el análisis individual de cada ilustración se ha diseñado una taxonomía que valora distintos aspectos de las imágenes, así como las relaciones que éstas guardan con el texto que les acompañan. Uno de los elementos analizados se refiere al contenido implícito de las imágenes en aspectos esenciales en la enseñanza del concepto de *fuerza*.

Las conclusiones a las que se llegan muestran que la representación alternativa desarrollada –RSI– facilita el aprendizaje de los aspectos básicos de la mecánica, especialmente la reciprocidad –tercera ley de Newton–. Su utilización en el aula y en los documentos dirigidos al alumnado permite una descripción sencilla de las situaciones mecánicas que mejora, respecto a la RVH, la capacidad de los alumnos para identificar las fuerzas que intervienen.

Quizás la consecuencia general más sorprendente del estudio, si tenemos en cuenta la aridez de la temática abordada, es que la principal fuente de motivación para el alumnado de estas edades no es necesariamente la aparente utilidad de los conocimientos impartidos, su relación con el contexto social u otro factor atribuible a una valoración intrínseca del contenido estudiado. Por el contrario, hemos observado que la motivación se produce con el simple reto intelectual de resolver pequeños enigmas que les permiten utilizar estrategias de razonamiento hipotético-deductivo a su alcance, contrastables con otras opiniones y con la experiencia inmediata.

Respecto a la enseñanza de la mecánica, el estudio no hace sino constatar los resultados de Lemeignan y Weil-Barais en el sentido de que el concepto cualitativo de *interacción* es un precursor necesario para la construcción del concepto de *fuerza*. En la práctica esto significa

que el profesorado debe tomar plena conciencia de que el significado de la palabra *fuerza* y de los signos que emplea para representarla, en el contexto de la mecánica newtoniana, difiere profundamente de la interpretación que de ellas realizan los jóvenes. Una consecuencia inmediata es que no debe apoyarse la enseñanza de las reglas básicas de composición de fuerzas, que dan lugar al concepto de *equilibrio* o *resultante*, únicamente en el álgebra vectorial, ya que esto sólo es posible cuando los alumnos han adquirido completamente el concepto de *fuerza*.

En cuanto a los libros de texto analizados se observa en general la carencia de principios de diseño específicamente didácticos, lo que deja al descubierto las deficiencias en la coordinación didáctica entre los autores y los diseñadores gráficos. Aunque las diferencias entre los libros son relevantes y significativas, se desprende del estudio que su estrategia gráfica se basa en la tradición y en pautas específicas del diseño publicitario que incluso dificultan la comprensión de las imágenes. A este respecto, el análisis semántico de las ilustraciones ha mostrado la existencia de un mensaje implícito en las imágenes que contradice, en aspectos esenciales, el discurso del texto.

Finalmente, aunque se constata la influencia de nuevos enfoques didácticos en la enseñanza de la mecánica en algunos de los libros estudiados, el enfoque mayoritario es de corte inductivista y presenta el concepto de *fuerza* como si se tratara de una noción intuitiva o de sentido común.

### EL CAMBIO DIDÁCTICO EN EL PROFESORADO DE CIENCIAS MEDIANTE TUTORÍAS EN EQUIPOS COOPERATIVOS

*Tesis doctoral*

Autor: *Carnicer Murillo, Jesús<sup>1</sup>*

Director: *Furió Mas, Carlos<sup>2</sup>*

Lugar: *Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials. Universitat de València.*

Fecha: *23 de octubre de 1998*

<sup>1</sup>Instituto de enseñanza secundaria Valle del Jiloca. Calamocha. Teruel.

<sup>2</sup>Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials. Universitat de València.

El trabajo de tesis que presentamos se inserta dentro del cuerpo teórico de co-

nocimientos propios de la didáctica de las ciencias y aborda, desde un enfoque constructivista, la problemática de la formación permanente del profesorado de ciencias. En concreto se han buscado soluciones a la siguiente situación problemática general:

«¿Qué características o condiciones debe reunir un programa de formación para ayudar al profesorado de ciencias a conseguir una mejora didáctica en su acción docente?»

Desde una perspectiva constructivista, la situación problemática *anterior* lleva implícita otra que debemos tener en cuenta y abordar previamente:

«¿Qué creencias, concepciones y actitudes tienen los profesores y profesoras de ciencias sobre aspectos de su trabajo profesional que pueden impedir su participación en una actividad innovadora en la enseñanza?»

No debemos olvidar que las ideas, intereses, actitudes y prácticas anteriores del profesorado han de ser consideradas a la hora de diseñar cualquier proceso formativo, ya que son el punto de partida con el que cualquier profesor o profesora aborda el aprendizaje de los nuevos conocimientos didácticos.

Las dos situaciones problemáticas anteriores se precisaron como problemas abordables y, basándose en la investigación existente sobre formación del profesorado, se formularon dos hipótesis como posibles soluciones. Una de ellas se refiere a las concepciones y dice literalmente:

«Los profesores y profesoras de ciencias tienen ideas distorsionadas sobre la investigación científica y las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias, así como prácticas educativas próximas al modelo de transmisión verbal de los conocimientos elaborados que han de conocerse y cuestionarse en los programas de formación del profesorado.»

La segunda hipótesis principal se refiere a las condiciones que ha de reunir un programa de formación para conseguir un cambio didáctico eficaz en esas concepciones y prácticas. En concreto, esta hipótesis explícita:

«Si los profesores y profesoras de ciencias se implican en un programa de formación de orientación constructivista que fomente una actitud investigativa hacia los problemas de aula, efectuarán un cambio didáctico perceptible, mejorando sus enseñanzas y sus expectativas de desarrollo profesional.»

Para la contrastación de estas hipótesis se diseñó un programa de formación que se puso en práctica con cuatro equipos de profesores/as de ciencias durante tres cursos (1991-92, 1992-93 y 1993-94). El autor de esta tesis coordinó los equipos actuando en algunos de ellos como tutor. Antes, durante y después del desarrollo del programa se analizaron en profundidad las concepciones, prácticas y expectativas de desarrollo profesional de ocho profesores/as participantes en los diferentes equipos. En todos los casos menos en uno se detectaron cambios importantes en su acción docente, así como en sus concepciones sobre la ciencia y el trabajo científico, su enseñanza y aprendizaje gracias a la tutoría en forma de equipos cooperativos dirigida por el autor de esta tesis. Para el seguimiento se utilizó un diseño experimental variado y múltiple con el fin de mostrar la convergencia de resultados. Se incluyeron metodologías cualitativas de estudio de casos y diseños pretest y postest para el análisis de los cambios producidos en cada uno de los casos estudiados. En cuanto a los instrumentos, fueron diversos e incluyeron, en el caso del seguimiento y evaluación de los programas de formación, el material generado en las sesiones de formación, el material producido por el tutor (guiones de sesiones, etc.), el registro en audio de sesiones de trabajo y cuestionarios abiertos referidos a las expectativas y al funcionamiento del grupo. Para la constatación del cambio didáctico producido se idearon cuestionarios sobre las concepciones, las expectativas y la valoración de la innovación realizada, entrevistas sobre las respuestas a los cuestionarios y observación y registro en audio y vídeo de las clases. También se llegó a encuestar a los alumnos y alumnas de estos profesores, lo que permitió su valoración a partir de sus actuaciones en el aula.

De las conclusiones obtenidas respecto al cambio didáctico en el pensamiento y la práctica del profesorado de ciencias destacaremos la confirmación de que la mayoría del profesorado tiene visiones empiristas y rígidas sobre la naturaleza de la ciencia, difíciles de cambiar y que se modifican muy poco con la experiencia profesional. También se constató que la mayoría del profesorado tiene concepciones sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje cercanas a la transmisión-recepción de conocimientos ya elaborados difíciles de cambiar y que se pueden modificar con la experiencia profesional.

Además se llegó a la conclusión de que las relaciones entre las concepciones sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje entre sí y de éstas con la práctica son complejas y no pueden reducirse a simples relaciones de causa-efecto. Tam-

bién se concluyó que es difícil conseguir el cambio didáctico en el profesorado, el cual parte de unas concepciones bien trabadas y ancladas en el empirismo respecto de la ciencia, y en la transmisión verbal respecto de la enseñanza-aprendizaje. Y en particular, si tiene actitudes negativas hacia la investigación o innovación didácticas.

En cuanto al programa de formación desarrollado consideramos que consiguió un cambio didáctico en el profesorado participante ya que se diseñó y desarrolló en base a problemas didácticos relevantes para el profesorado, con un diseño general que incluía módulos teóricos y prácticos coherentes e integrados. Los módulos teóricos y prácticos diseñados se adaptaron a los diferentes equipos y fueron presentados por el tutor como una propuesta abierta. Además para la adaptación se tuvieron en cuenta las necesidades e intereses del profesorado participante y el trabajo se organizó en forma de pequeños grupos de reflexión y debate, coordinados por una persona con experiencia en la investigación o innovación que se pretendía llevar a cabo. En los equipos se logró un clima de participación y cooperación en el que se tuvieron en cuenta las concepciones del profesorado participante sobre la ciencia, y su enseñanza y aprendizaje a la hora de seleccionar y secuenciar los problemas didácticos.

#### **A CIÊNCIA NO SÉCULO XVIII: FRAY MARTÍN SARMIENTO (1695-1772), UNHA FIGURA PARADIGMÁTICA**

##### *Tesis doctoral*

Autora: *Álvarez Lires, María*  
Directores: *Tojo, José y Bermejo, Manuel*  
Departamento: *Enxeñaría Química. Facultade de Ciencias. Universidade de Vigo*  
Fecha: *29 de mayo de 1998*

Se trata de un trabajo de investigación sobre las ideas y contribuciones científicas de fray Martín Sarmiento, un benedictino de origen gallego, persona de inmensa erudición, representante de la Segunda Ilustración. Sus aportaciones se analizan en relación con los marcos teóricos de las ciencias en el siglo XVIII y sus antecedentes así como con las preocupaciones de las sociedades gallega y española de la Ilustración.

Si bien la tesis se enmarca claramente en la historia y la epistemología de la cien-

cia, tiene implicaciones didácticas, ya que uno de sus objetivos es poner de manifiesto la utilidad de tales disciplinas para los estudios secundarios y universitarios. Tal objetivo se desarrolla en el capítulo segundo y, de manera transversal, a lo largo de los nueve capítulos de que consta la memoria, analizando multitud de textos científicos, desvelando los modelos y marcos teóricos subyacentes así como las controversias filosófico-científicas que atraviesan los temas estudiados, durante los siglos XVI, XVII y XVIII, abriendo una línea de investigación sobre utilización didáctica de textos histórico-científicos que, actualmente, se está empezando a llevar a cabo en el Departamento.

Comienza la memoria haciendo una introducción biográfica de fray Martín Sarmiento, a quien se califica de «figura paradigmática y sabio a la manera internacional del siglo XVIII, injustamente olvidado». Reseñan algunas de las contribuciones científicas de su enciclopédica obra, poniendo de manifiesto las preocupaciones que emergen de ella, entre las que cabe resaltar su amor por Galicia, tierra a la que dedicó más de la mitad de su obra, la defensa a ultranza de la lengua gallega y de sus gentes, la educación de la juventud, su oposición a los monopolios, a la guerra y a la pena de muerte, así como la defensa real de los grupos marginados, «bárbaros, rústicos y mugeres», en quienes apreciaba su sabiduría empírica. Se destaca, también, la negativa constante del benedictino a aceptar cargos y honores, cortesanos o religiosos, buscando únicamente la soledad de su celda para dedicarse al estudio *in obsequium fidei*.

Se analizan, seguidamente, las razones que le llevaron a no imprimir la mayor parte de su obra apuntándose, como elementos fundamentales de esta renuencia a publicar la contradicción manifestada por el propio Sarmiento entre su defensa de la *empíria* a ultranza y la obligación de «aprender por los libros», que desemboca en el ejercicio de una feroz autocensura sobre los contenidos de sus escritos —difícilmente entendibles en su época— y la presencia del Tribunal de la Inquisición del que, paradójicamente, es censor.

La metodología utilizada se fundamenta en base a un recorrido por las principales corrientes historiográficas y de la epistemología de la ciencia, recurriendo a elementos procedentes de la historia de las ideas, de los estudios sociales de la ciencia y de los de ciencia y género, en un intento de enfoque diacrónico y sistémico, tendente a la *historia total*. Se utiliza, además, una metodología analítica, realizando un vaciado de los manuscritos

del benedictino, presentes en diversas colecciones –Biblioteca Nacional, Real Academia de la Historia, Museo de Pontevedra–, el *Catálogo de Autores que yo Fray Martín Sarmiento tengo ad usum*, su *Epistolario* y otros escritos, y haciendo posteriormente una categorización de sus ideas para llegar a la síntesis que se expone en forma de conclusiones en cada uno de los capítulos, que sirven a su vez como punto de partida para abordar el siguiente y así hasta encarar las conclusiones finales.

El estudio de la obra de diferentes científicos de los siglos XVI, XVII y XVIII se aborda como paso obligado para desvelar el pensamiento subyacente a las polémicas científico-filosóficas del Siglo de las Luces y poner de manifiesto las coincidencias o diferencias con la obra de Sarmiento. De esta manera, se realiza un recorrido por los paradigmas aristotélico, hermetista-animista, cartesiano y newtoniano, así como por la obra de Paracelso, Boyle, Barba, Newton, Descartes, Lémery, Boerhaave, Musschenbroeck y otros, sin olvidar la de mujeres eruditas como Mme. du Châtelet o Josefa Amar y Borbón.

Se caracteriza a fray Martín Sarmiento como un ilustrado de la Segunda Ilustración. Examinan las influencias newtonianas en su obra y se exponen las diversas coincidencias entre su pensamiento y el de filósofos como Rousseau o Locke, o el de científicos como Boerhaave. En esta misma línea, se analiza lo que se denomina su *sentido social de la ciencia*, pues la finalidad de ésta debe ser la utilidad y la felicidad de los seres humanos, en especial la de los gallegos y gallegas pobres. Los instrumentos científicos que posee –un microscopio, un telescopio, una balanza hidrostática, una brújula y otros– serán, para el benedictino, ejemplos de esa utilidad y copias de la naturaleza, lo más perfecto, y el modelo a imitar por las ciencias y las artes.

Sus contribuciones a la ciencia química, a la historia natural y a la interacción ciencia-género también son objeto de estudio. Se hace una transcripción de los apartados de su *Catálogo de Autores*, que guardan relación con la filosofía-ciencia de su tiempo, desvelándose los inmensos conocimientos que poseía acerca de todas las escuelas científicas europeas, de sus publicaciones, autores e, incluso, autoras.

Se relacionan y estudian un conjunto de aportaciones originales sobre temas que preocupaban a la sociedad de su tiempo y que van desde la utilización de vegetales como remedios medicinales y las críticas a los análisis de aquéllos hasta

propuestas para la purificación de la platina (mena de la que se obtendrá el platino) a la que califica de octavo metal, para la determinación de la longitud o la potabilización del agua del mar, pasando por la crítica a los sistemas de Linneo y Tournefort.

La defensa de la racionalidad de las mujeres, enfrentándose a la ciencia de su tiempo y a la mayoría de las opiniones ilustradas al respecto, será otro de los ejes de la obra de Sarmiento, quien desvela el nombre de mujeres eruditas, apreciando las contribuciones del trabajo femenino a la ciencia y a la técnica, así como el saber de las «brujas-sanadoras» por experiencia y tradición.

Finalmente, se hace una propuesta de secuencia para el estudio de su ingente obra, dejando abierto un conjunto de líneas de investigación, además de la ya citada, para estudios futuros, puesto que el enciclopedismo de la obra del benedictino y la estructura de las ciencias del siglo XVIII hacen tarea imposible el abordar en profundidad sus opiniones y conocimiento de ellas.

### SIGNIFICADO DE LOS CONCEPTOS PROBABILÍSTICOS ELEMENTALES EN LOS LIBROS DE TEXTO DE BACHILLERATO

*Tesis doctoral*

Autor: *Ortiz de Haro, Juan Jesús*  
Directores: *Batanero Bernabeu, Carmen*  
y *Serrano Romero, Luis*

El trabajo de esta tesis trata de la enseñanza de la probabilidad, materia que está adquiriendo una gran importancia por su aplicabilidad en otras disciplinas y por la relevancia que se pretende que tenga en la enseñanza de nuestros alumnos en los nuevos diseños curriculares de educación primaria y secundaria.

Durante la vigencia de los cuestionarios de 1º de BUP (bachillerato unificado y polivalente) (18-IV-1975), la tendencia era retrasar la enseñanza de estos temas el mayor tiempo posible. El supuesto era que, para asimilar el concepto de *probabilidad*, era necesario adquirir la noción de *proporcionalidad* y poseer razonamiento combinatorio, lo que no se conseguía hasta el período de las operaciones formales de acuerdo con las investigaciones de Piaget e Inhelder. Sin embargo, en la actualidad se ha producido un cambio importante en la enseñanza de la probabilidad, en el que han influido diversos autores, entre ellos Fischbein y

Shaughnessy, quienes sostienen que la enseñanza de la probabilidad se puede iniciar en edades mucho más tempranas, mediante una aproximación más intuitiva. Que el cambio propuesto no se refiere sólo a los contenidos, sino a la metodología de enseñanza, se desprende del análisis de los nuevos currículos, tanto del Ministerio de Educación y Cultura como de la Consejería de Educación de la Junta de Andalucía.

Dentro del campo de la probabilidad, este trabajo sigue la línea de investigación sobre el análisis de libros de texto y se inscribe en la línea de investigación sobre educación estadística del Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada. Constituye una aproximación a la caracterización que de la probabilidad se ha hecho en los textos de primer curso de bachillerato, durante el período 1975-91.

Creemos de interés para la didáctica de la matemática este tipo de estudios. La importancia del libro de texto y su influencia dentro del sistema de enseñanza ha sido destacada por numerosos autores, que estudiaremos más ampliamente en la sección 1.3. Asimismo, Godino y Batanero proponen una agenda de investigación para la didáctica de las matemáticas, en la cual se cree que una de las áreas prioritarias debe ser la caracterización de los significados de los objetos matemáticos en las diversas *instituciones*. Considerada la idea de institución en sentido amplio, los libros de texto podrían considerarse como una institución cuyo estudio sería de interés para la didáctica.

El análisis de los libros de texto nos puede aportar información, no sólo sobre el significado que se da al concepto de *probabilidad*, sino también sobre el que se le ha atribuido en la mayor parte de los centros de enseñanza donde han sido utilizados. Como se afirma en el prólogo a la edición española del informe Cockcroft, han determinado gran parte, quizá la mayor parte, de la práctica docente de nuestro país en la enseñanza de las matemáticas.

En el capítulo 1 de esta tesis, exponemos el problema de investigación y los fundamentos de este trabajo. Usaremos esta investigación para elaborar con más detalle la noción de *elemento de significado* que se usa en el análisis de los textos. Se enumeran los objetivos de nuestra investigación y se hace referencia a diversos autores que destacan la importancia de estos estudios dentro de la didáctica de la matemática. Asimismo, hemos realizado una revisión y una síntesis de la bibliografía existente que hemos creído que se ajusta más a nuestro tema de

trabajo. Finalmente se detalla la metodología empleada, haciendo mención a la selección de la muestra intencional de once libros de texto de 1º de BUP, en los cuales los contenidos considerados han sido los siguientes: experimento aleatorio, espacio muestral, sucesos: sus tipos y operaciones, frecuencias absoluta y relativa, probabilidad, cálculo con probabilidades, probabilidad condicional/dependencia y variable aleatoria. Estos contenidos han sido elegidos por constituir el punto de partida de la enseñanza en este nivel.

El capítulo 2 se dedica a un estudio pormenorizado de la presentación teórica que hacen los textos analizados de cada uno de los contenidos citados anteriormente, intentando hacer algunas descripciones de las posibles transformaciones que han podido sufrir para ser incluidos en dichos textos. Como consecuencia, describimos los elementos intensionales del significado de los conceptos probabilísticos elementales.

En el capítulo 3 se realiza un estudio teórico de los ejemplos y los ejercicios presentados en los libros de texto analizados, identificando sus variables de tarea. Asimismo, se realiza un estudio estadístico comparativo de estos ejercicios en dos de los textos. Como consecuencia, definimos los elementos extensionales del significado de los conceptos probabilísticos elementales.

En el capítulo 4 analizamos los elementos representacionales del significado de estos conceptos en dos de los libros estudiados, diferenciando entre lenguaje probabilístico, notaciones y representaciones tabulares gráficas e icónicas.

Finalmente, en la última sección de la tesis, presentamos unas conclusiones de tipo general, y enumeramos algunas posibles líneas abiertas para futuras investigaciones. Nuestro trabajo constituye un primer avance en el estudio del significado que de los conceptos probabilísticos se incluye en los libros de texto de secundaria. Más concretamente, se analiza una muestra de libros de texto de primer curso de bachillerato publicados en el período de vigencia de los cuestionarios oficiales previos a la actual reforma educativa, lo que contribuirá a la caracterización del significado de estos conceptos en esta época. Pretendemos con este análisis identificar puntos críticos que deberán tenerse en cuenta en la elaboración de los nuevos materiales curriculares para la enseñanza de la probabilidad en estos niveles. En relación con las conclusiones expuestas en esta tesis doctoral, deseamos indicar que en modo alguno suponen una valoración general de los libros de texto. Solamente

se refieren a los temas dedicados al azar y la probabilidad y, concretamente, a las definiciones, propiedades, ejercicios y ejemplos incluidos. Quede aquí mi reconocimiento para los autores de libros de texto que realizan una importante y difícil tarea, cual es transformar los conocimientos del saber matemático en contenidos para ser enseñados de la manera más eficaz posible a nuestros alumnos.

#### **APORTACIONES AL ESTUDIO DE LAS CONCEPCIONES DE LOS ESTUDIANTES SOBRE ELECTROMAGNETISMO Y SUS IMPLICACIONES EN LA DIDÁCTICA DE LA FÍSICA**

##### *Tesis doctoral*

Autor: *Pontes Pedrajas, Alfonso*  
 Director: *De Pro Bueno, Antonio*  
 Lugar: *Facultad de Ciencias de la Educación. Departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Córdoba*  
 Programa de doctorado: *Didáctica de las Ciencias Experimentales*  
 Fecha: *16 de marzo de 1999*

En esta tesis se ha llevado a cabo una investigación sobre la problemática didáctica de la electricidad y el magnetismo, cuyo fundamento se basa en la teoría constructivista. Como punto de partida de la investigación se ha procedido a la revisión de un amplio conjunto de estudios sobre la temática de la tesis, con objeto de analizar aquellos aspectos que han recibido hasta ahora menor atención en investigaciones precedentes. Esto ha permitido identificar un conjunto de problemas relevantes y diseñar una serie de investigaciones empíricas, que se desarrollan en diferentes capítulos de la memoria. En concreto, se han formulado cinco problemas principales que están relacionados con el análisis de los procesos de aprendizaje del electromagnetismo en la enseñanza habitual, el papel que desempeñan las concepciones personales de los estudiantes en tales procesos y el desarrollo de nuevas propuestas metodológicas orientadas a la construcción de conocimientos significativos. Para justificar el tratamiento de los problemas elegidos se ha realizado una fundamentación amplia del enfoque constructivista para la educación científica. Sobre esta base se formulan una serie de hipótesis principales, que han dado lugar al desarrollo posterior de un conjunto de estudios específicos, dirigidos a contrastar cada una de tales hipótesis. Los tres primeros estudios empíricos se han dedi-

cado al diagnóstico de las dificultades de aprendizaje en electricidad y magnetismo a través del sistema de enseñanza habitual.

Se ha comenzado por investigar la utilización del lenguaje científico y la naturaleza del conocimiento semántico de los alumnos, combinando el análisis de las explicaciones sobre una serie de nociones básicas del dominio, con la técnica de asociación de conceptos y la obtención de mapas cognitivos de diversas muestras de sujetos, mediante procedimientos estadístico-informáticos de escalamiento multidimensional y análisis de conglomerados. En este primer estudio, relacionado con la contrastación de la primera hipótesis principal, se han utilizado técnicas de investigación sobre la estructura cognitiva de los estudiantes que apenas se han aplicado anteriormente en el área de electricidad y que nos han servido para conocer el significado que los estudiantes otorgan a los principales conceptos del dominio y para analizar la evolución de la memoria semántica en diferentes niveles educativos. El principal resultado obtenido en este estudio se puede resumir indicando que «los conocimientos de carácter semántico de los estudiantes sobre electricidad y magnetismo, en diversos niveles de enseñanza, están poco estructurados desde el punto de vista científico y presentan importantes deficiencias de aprendizaje, que se expresan a través del lenguaje y a través de tareas de asociación de conceptos».

A continuación se ha realizado un estudio centrado en el análisis del conocimiento operativo (o conocimiento conceptual de carácter aplicado), en el que se han explorado las ideas que utilizan los estudiantes en la respuesta a un amplio conjunto de cuestiones abiertas sobre electrostática, electrocinética y electromagnetismo. En esta segunda investigación, dedicada a contrastar la segunda hipótesis principal, se ha profundizado en el análisis estructural de las concepciones que manifiestan los alumnos al finalizar la formación científica adquirida en la enseñanza secundaria, mediante tareas de diferentes tipos, como son la interpretación de fenómenos, la predicción de hechos o la resolución de problemas de carácter cualitativo, con el fin de llegar a comprender mejor la naturaleza de las dificultades de aprendizaje en este dominio. A modo de síntesis, tras este estudio, se puede destacar que «al finalizar la enseñanza media, los estudiantes presentan notables dificultades de aprendizaje en la interpretación de fenómenos eléctricos y magnéticos, debido a la existencia de numerosas concepciones alternativas junto con ideas indefinidas o poco consolidadas desde el punto de vista científico».

Posteriormente se han analizado las características generales más relevantes para determinar el estatus de las concepciones de los estudiantes en electricidad y magnetismo, aplicando, en este caso, la técnica de cuestiones semiabiertas de opción múltiple con justificación de respuesta. En concreto se han llevado a cabo, dentro de esta temática, dos estudios empíricos complementarios que forman parte del análisis de la tercera hipótesis principal. En primer lugar, se ha analizado la evolución y la seguridad de las ideas de los estudiantes, desde el nivel de bachillerato hasta el final de enseñanza universitaria, con objeto de estudiar la persistencia de las concepciones alternativas que son más resistentes a su transformación en ideas científicas. En segundo lugar, se ha realizado un estudio de la consistencia intercontextual de las concepciones personales de los estudiantes en electricidad con objeto de determinar cuáles de estas ideas constituyen verdaderos esquemas alternativos, ya que tales esquemas actúan como barreras epistemológicas en el aprendizaje y, por tanto, hay que dedicarles más atención en el proceso de instrucción. El principal resultado que podemos destacar en esta investigación parcial es que «las concepciones de los alumnos presentan generalmente un alto grado de extensión y persistencia en todos los niveles de enseñanza, pero muestran diferentes grados de articulación, seguridad y consistencia según el nivel de formación, el área de conocimiento y los conceptos específicos implicados en cada tarea».

Tras el análisis de las dificultades de aprendizaje se ha procedido a desarrollar una propuesta metodológica constructivista, para la enseñanza del electromagnetismo, en el penúltimo curso de la educación secundaria no obligatoria (3º de BUP), antes de la implantación de la reforma del sistema educativo español. Esta propuesta educativa está integrada por tres unidades didácticas, en las que se han tratado de forma específica los temas de electrostática, corriente eléctrica y magnetismo. En la fase de elaboración de estos materiales han intervenido varios profesores de bachillerato, que formaban parte de un proyecto de innovación educativa, los cuales han analizado críticamente su utilidad didáctica y han formulado importantes sugerencias para la reestructuración de las actividades de aprendizaje y otros aspectos de la propuesta. Después se ha llevado a cabo un estudio piloto, basado en la aplicación de estos materiales didácticos en el aula, con objeto de evaluar su influencia en el proceso de aprendizaje a corto plazo y contrastar la cuarta hipótesis principal. En concreto, a través de este estudio, se ha analizado cómo influye la aplicación de la propuesta didáctica en la ad-

quisición de conocimientos de carácter conceptual y procedimental y si favorece el desarrollo de actitudes positivas hacia el aprendizaje de la física. A modo de síntesis, podemos destacar como principal resultado de esta investigación parcial que «es posible diseñar y aplicar una propuesta metodológica para la enseñanza del electromagnetismo en bachillerato, que tenga en cuenta el papel educativo de las ideas de los alumnos y que favorezca, a corto plazo, la adquisición de conocimientos significativos y el desarrollo de actitudes positivas hacia el aprendizaje».

La última investigación empírica se ha dedicado al estudio de la quinta hipótesis principal, que también está relacionada con la aplicación de la citada propuesta metodológica en el aula, aunque en este caso se han abordado una serie de aspectos que no se han considerado en el estudio anterior. En primer lugar se ha investigado la posibilidad de generalizar la aplicación de la metodología ensayada por parte de un grupo de profesores, utilizando una muestra bastante numerosa de alumnos procedentes de diversos centros y diferentes contextos educativos. También se ha analizado si el aprendizaje desarrollado es duradero y si la metodología experimental empleada tiene mayor eficacia para conseguir un nivel adecuado de cambio conceptual y una mejor organización del conocimiento semántico a largo plazo que la metodología de enseñanza habitual. El principal resultado obtenido en este estudio se puede resumir indicando que «la aplicación generalizada de esta propuesta didáctica contribuye de forma efectiva a mejorar el cambio conceptual duradero y la organización del conocimiento semántico, en mayor medida que la enseñanza habitual de carácter transmisivo».

Finalmente, se ha realizado una síntesis global de los resultados obtenidos en los estudios correspondientes a cada una de las cinco hipótesis principales, con el fin de obtener una visión de todo el conjunto de la investigación. Entre las conclusiones recogidas se llega a destacar el papel que desempeñan las concepciones personales de los estudiantes como obstáculos para el aprendizaje de la electricidad y la posibilidad de llevar a cabo estrategias didácticas que favorecen la evolución de tales concepciones hacia la formación de ideas científicas. También se han analizado las implicaciones para la enseñanza de la física de los resultados de este trabajo y se apuntan nuevos problemas relacionados con las perspectivas futuras de avance de la investigación didáctica en esta área de conocimiento. En la parte final de la memoria se exponen las referencias bibliográficas y se adjuntan una serie de documentos com-

plementarios, como son los diversos cuestionarios utilizados en los diferentes estudios experimentales y los materiales didácticos que se han proporcionado a los alumnos durante el proceso de aplicación de la propuesta metodológica desarrollada.

### **ESQUEMAS CONCEPTUALES E INCOHERENCIAS DE ESTUDIANTES DE BACHILLERATO EN RELACIÓN CON EL CONCEPTO DE INFINITO ACTUAL CONTEXTUALIZADO EN PROBLEMAS EXPRESADOS EN DIFERENTES LENGUAJES MATEMÁTICOS: VERBAL, GEOMÉTRICO, GRÁFICO, ALGEBRAICO Y NUMÉRICO. ESTUDIO EXPLORATORIO**

*Tesis de maestría*

Autora: Garbin, Sabrina

Directora: Azcárate, Carmen

Lugar: Departament de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona

Fecha: Noviembre 1998

Si bien en matemática el infinito es considerado un concepto consistente, en la realidad psicológica, es complejo, contradictorio y fuertemente intuitivo (Fishbein, Tirosh y Hess, 1979). Fishbein, Tirosh y Hess prueban que la intuición del infinito es muy sensible al concepto figural y conceptual del problema en que aparece el infinito. Por otra parte Dreyfus (1990), en el marco del pensamiento matemático avanzado, señala la importancia de las conexiones cognitivas entre lo visual, analítico, gráfico y algebraico. Vinner (1990) expresa que la compartimentación y las inconsistencias son temas que la didáctica de las matemáticas deberían analizar. De las afirmaciones anteriores se nos plantea el interrogante de cuál es la posible influencia de los lenguajes matemáticos en la concepción del *infinito* actual y en las inconsistencias que manifiestan los alumnos. En orden a dirigirnos hacia esta meta en una investigación que actualmente estamos llevando a cabo, hemos realizado un trabajo de carácter exploratorio, cuyo interés se centró en dos puntos:

- Acercarnos a los esquemas conceptuales de los estudiantes, asociados al concepto de *infinito* actual que se contextualizan en problemas expresados en los lenguajes matemáticos diferentes: verbal, geométrico, gráfico, algebraico y numérico.

• Diseñar un instrumento que permita analizar la coherencia en las respuestas de los estudiantes a los problemas planteados en el cuestionario.

### Marco teórico

En una primera parte nos hemos centrado en la teoría cognitiva desarrollada por Tall y Dreyfus con relación al desarrollo y crecimiento del pensamiento matemático avanzado. Decidimos enfatizar aquellos aspectos que hemos considerado importantes para fundamentar nuestra investigación. Los conceptos tratados fueron, de manera particular, el *concept image* y el *concept definition* (Tall y Vinner, 1981), los cuales traducimos como *esquema conceptual* y *definición del concepto* (Azcárate, 1990); el concepto de *procepto* (Gray y Tall, 1994) en torno a la dualidad del proceso y concepto; y, otros conceptos como el de *inconsistencia* (Vinner, 1990; Tall, 1990; Tirosh, 1990). En cuanto a procesos: a) los implicados en la representación: El proceso propiamente dicho, representaciones y translaciones, modelización; y b) los implicados en la abstracción: generalizar, sintetizar, abstraer. Nos hemos también detenido a describir los procesos de pensamiento del crecimiento cognitivo en la etapa de transición hacia la matemática avanzada desde la elemental, considerando que «el lugar donde el pensamiento matemático elemental se convierte en avanzado no se ha definido todavía con precisión» (Tall, 1995). En una segunda parte dimos un breve paseo por la historia del infinito matemático, con especial interés hacia el infinito actual. En este paseo se puede notar la complejidad que ha tenido en la historia y su desarrollo en ella; el concepto de *infinito* comienza como pensamiento y termina como objeto. Por último, se presentaron algunas de las investigaciones de interés didáctico realizadas sobre el infinito. Escogimos algunas que consideramos piloto y pilares en el tema, las cuales han sido las de: Fishbein, Tirosh y Hess (1979), Tall (1980), Tirosh (1991), Nuñez (1994) y Tsamir y Tirosh (1997).

### Metodología

• El estudio se realizó con 58 estudiantes de 3º de BUP de dos institutos de Barcelona: Joanot Martorell y Manuel Blancafort, 31 del primer instituto y 27 del segundo. No hubo intervención didáctica.

• Se aplicó un cuestionario escrito a cada grupo. El cuestionario consta de cinco preguntas y el concepto matemático presente es el mismo en todas ellas, el *infinito actual*, y los problemas son de divisibilidad infinita. Los lenguajes matemáticos usados son distintos: geomé-

trico, verbal, gráfico, numérico y algebraico. El cuestionario ha sido diseñado de forma que cada pregunta, con su respectivo espacio de respuesta, puede ser transformada en una ficha. El formato de ficha se utilizó posteriormente en las entrevistas.

• Se optó por el uso de las redes sistémicas como sistema de representación de los datos cualitativos obtenidos a partir de las respuestas dadas por los alumnos en el cuestionario escrito. El análisis de estos datos permitió un acercamiento a los esquemas conceptuales de los estudiantes, asociados al concepto de *infinito*.

• A partir de las redes sistémicas se construyeron unas tablas resumen. Con estas tablas y el análisis de los datos se diseñó un instrumento que permite identificar a aquellos alumnos que no mantienen respuestas coherentes entre las cinco preguntas del cuestionario.

• Las entrevistas fueron individuales y tuvieron una duración de entre 30 y 45 minutos; se grabaron en una cinta de audio, y con previa autorización de los entrevistados. Se entrevistaron algunos de los alumnos encuestados. Estos estudiantes fueron elegidos según el tipo de incoherencias que sus respuestas dejaron en evidencia.

La entrevistadora había diseñado previamente un guión abierto y personal para cada alumno. Este guión tiene como único objetivo el ser usado como guía durante la entrevista y contiene preguntas que representan el tipo de información que se espera conocer.

### Líneas de coherencia

Podemos preguntarnos qué líneas coherentes se pueden establecer desde las respuestas de los alumnos dadas en el cuestionario. Hablar de coherencia entre las respuestas de las cinco preguntas no es tan fácil como, por ejemplo, afirmar que, si un alumno se ha mostrado finitista en una de ellas, éste será coherente si se muestra finitista también en las demás preguntas. El lenguaje matemático utilizado hace un tanto más compleja la situación. Por ejemplo, una de las preguntas del cuestionario consiste en resolver una suma infinita; es decir, se presenta en un lenguaje numérico donde no cabe la posibilidad directa de hablar de finitud. Hay que preguntarse qué tipo de respuesta señalada en esta pregunta puede considerarse coherente con la dada por un alumno que se muestra finitista en otra.

A partir de las respuestas de los estudiantes y del análisis cualitativo, se establecieron tres líneas de coherencia, con las

que se pueden identificar a aquellos alumnos que no mantienen respuestas coherentes en los problemas planteados en el estudio. La primera línea de coherencia, que ha sido dividida en dos sublíneas, la hemos llamado *finitista* por presentar respuestas de este tipo en algunas de las preguntas. Son llamadas *respuestas finitistas* las expresadas con argumentos finitos. La segunda línea de coherencia ha sido llamada *actual*. Ésta presenta un perfil de respuestas actualistas a las preguntas del cuestionario donde llamamos *respuestas actualistas* a aquellas respuestas que reflejan una concepción actual del infinito. La tercera línea presenta un perfil de respuestas potenciales al cual da el nombre de *línea potencial*. Hemos llamado *respuestas potenciales* a aquellas respuestas que reflejan una concepción potencial del infinito.

### Resultados y conclusiones

Resaltaremos sólo algunos de los resultados y conclusiones de este estudio. Las entrevistas resultaron importantes, no sólo como complementarias al cuestionario sino como instrumento necesario para detectar nueva información. De las entrevistas se ha extraído: la relación que establecen los estudiantes entre las cinco preguntas del cuestionario aplicado, la similitud o diferencia existente en ellas, y las posibles causas de incoherencias en las cinco respuestas. También resultó útil la entrevista para la ubicación final de los entrevistados en las líneas de coherencia.

Hemos encontrado que los estudiantes no siempre responden a las preguntas del cuestionario tomando en cuenta la infinitud del proceso. A diferencia de Fishbein, Tirosh y Hess (1979) y Nuñez (1994), que han obtenido cuatro categorías de respuestas a partir de problemas de divisibilidad infinita, nosotros hemos establecido una quinta categoría, la cual está formada por las respuestas de un grupo de alumnos que no considera el proceso de división para fundamentarla: «el proceso de división finito o infinito no determina la respuesta de los alumnos». Por otra parte, los alumnos mostraron poder mantener respuestas incoherentes y aceptarlas como coherentes. La casi nula influencia mutua evidenciada entre los contextos determinados por los diferentes lenguajes ha sido una evidencia de la compartimentación del conocimiento matemático y de la enseñanza de la matemática. También se evidenció que no sólo la intuición del infinito es «sensible» al «contexto figural y conceptual» (Fishbein, Tirosh y Hess, 1979), sino que también lo es a los esquemas conceptuales asociados a otros conceptos implicados en las cuestiones.

El infinito actual implicado en nuestros problemas de divisibilidad infinita resulta ser paradójico. Con los esquemas conceptuales de los estudiantes y el tipo de caracterización de las respuestas pudimos concluir y matizar que el lenguaje verbal, en un primer lugar, el lenguaje geométrico, en segundo, y el numérico, en un tercero, activan en los alumnos respuestas paradójicas. Hemos llamado *respuestas paradójicas* a aquéllas que evidencian la paradoja, aunque el alumno no sea consciente de ello en el momento en que la escribe, o a aquéllas en las que el alumno explicita la posibilidad de dos respuestas: la que es dada con un

planteamiento teórico matemático que no corresponde con su experiencia de la vida cotidiana o con lo que observa en una figura o gráfico y la que se da desde un planteamiento que los alumnos llaman *práctico*, que sí corresponde a la experiencia cotidiana o a la que se observa en una figura o gráfico.

Por último, se nos ha planteado un problema teórico. Recordamos, en palabras de Tall y Vinner (1981), que el esquema conceptual asociado a un concepto es la estructura cognitiva «total», que incluye todas las imágenes mentales, las propiedades que lo

caracterizan, las expresiones asociadas, los procesos, etc. Hemos observado que el esquema conceptual asociado al concepto *infinito actual* no siempre se mantiene coherente, que se pueden evocar imágenes conflictivas dependiendo del lenguaje matemático usado en los problemas planteados en el cuestionario. Por otro lado, se podría decir que algunas de las imágenes mentales, propiedades, relaciones, representaciones, procesos, etc., están asociadas tanto al concepto como al lenguaje. ¿Qué lugar ocupa, entonces, el lenguaje matemático en el modelo de los esquemas conceptuales?

## NOTICIAS

### ED-MEDIA 2000 (WORLD CONFERENCE ON EDUCATIONAL V REUNIÓN DE DIDÁCTICA DE LA MATEMÁTICA DEL CONO SUR)

*Fecha y lugar:* 10-14 de enero del año 2000, en Santiago de Chile, Chile.

*Organiza:* Universidad de Santiago de Chile. Facultad de Ciencia.

*Inscripción e información:* Reunión de Didáctica de la Matemática del Cono Sur. Casilla 33081, Correo 33. Santiago de Chile. Chile.

Tel.: 562 681 31 25 ó 562 681 29 00.  
e-mail: <didact5@fermat.usach.cl>

### SIMPOSIO SOBRE LA FORMACIÓN INICIAL DE LOS PROFESIONALES DE LA EDUCACIÓN

*Fecha y lugar:* 3-5 de febrero del 2000 en Girona. España.

*Inscripción e información:* Silvia Aznar. Universitat de Girona. Facultat de Ciències de l'Educació. Emili Grahit, 77. 17071 Girona.

Tel.: 972 41 87 02  
e-mail: <silvia@zeus.udg.es>

### SIMPOSIO DE DIDÁCTICA DE LA MATEMÁTICA

*Fecha y lugar:* del 10 al 12 de febrero del 2000 en Oviedo. España.

*Inscripción e información:* Escuela Universitaria de Magisterio. Calle Aniceto Cela, s/n. 33005 Oviedo (Asturias).

Tel.: 985 10 31 89  
e-mail: <4sdm@correo.uniovi.es>

### SITE 2000

*Fecha y lugar:* 8-12 de febrero en San Diego, California, USA.

*Organiza:* Society for Information Technology and Teacher Education.

*Inscripción e información:* SITE 99/AACE, PO. Box 2966, Charlottesville, VA 22902 USA.

Tel.: 804-973-3987.  
Fax: 804-978-7449  
e-mail: <info@AACE.ORG.>  
<http://www.aace.org/conf/site>  
<http://www.aace.org/info.html>

### ICME 9

*Fecha y lugar:* del 31 de julio al 6 de agosto del 2000 en Tokyo/Makuhari, Japón.

*Inscripción e información:* Prof. Toshio Sawada. Secretariat of ICME 9. Department of Mathematics. Science University of Tokyo. 26 Wakamiya, Shinjuku-ku. 162-0827 Tokyo, Japón.

Fax: +81 3 3260 7823  
e-mail: <icme9@ma.kagu.sut.ac.jp>

### PHYSICS TEACHER EDUCATION BEYOND 2000

*Fecha y lugar:* del 27 de agosto al 1 de septiembre del 2000 en Barcelona.

*Organiza:* Roser Pintó, Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals, Universitat Autònoma de Barcelona y Santi Suriñach, Departament de Física de la Universitat Autònoma de Barcelona.

*Inscripción e información:* Miquel Muñoz o Digna Couso, Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals, Campus de la UAB, Edifici G, Bellaterra 08193. Barcelona.

Tel.: 93 5813206 - Fax: 93 5811169  
e-mail: <miquel.munoz@uab.es>  
<digna.couso@uab.es>

## VI CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

La revista *Enseñanza de las Ciencias* convoca su VI Congreso. Está previsto que tenga lugar en Barcelona del 11 al 14 de septiembre del 2001. Próximamente se darán a conocer los principales temas de trabajo, los ponentes invitados y las condiciones de participación.