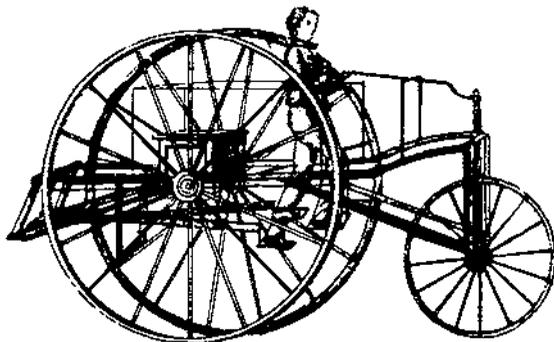


INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA



Y NOTICIAS

TESIS DIDÁCTICAS*

* Recordamos que los datos que se precisan a partir de este número, 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 dos folios Din A-4.

LAS PRÁCTICAS DE FÍSICA BÁSICA EN LABORATORIOS UNIVERSITARIOS

Tesis doctoral

Autora: *Julia Salinas Lanciotti*

Directores: *Daniel Gil Pérez y Leonor Colombo de Cudmani*

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

Fecha: *24 de noviembre de 1994*

El proceso de enseñanza y aprendizaje de la física en los ciclos básicos de carreras científicas universitarias se revela extremadamente complejo y multifacético. Cabe suponer que un intento serio de transformación debería apoyarse en un adecuado marco teórico referencial que incluya de manera funcional la integración de diversas facetas interrelacionadas.

En ese marco, las prácticas de laboratorio aparecen como una parte importante dentro del problema global, para la que cabe investigar tanto la eficiencia de sus orientaciones habituales como la posibilidad de mejorarla en cuanto a estrategia educativa.

En la primera parte de la memoria cubrimos la necesaria etapa de precisión y encuadre del problema a abordar. Señalamos que el conocimiento físico (vale decir el conocimiento *de la física*) objeto de la enseñanza y el aprendizaje tiene características especiales y representa un tipo de conocimiento cualitativamente diferente al conocimiento común. Mencionamos antecedentes que revelan la aparente incapacidad de la instrucción universitaria habitual para:

- modificar preconcepciones discordantes con teorizaciones actualmente aceptadas en el campo de la física clásica;

- favorecer un adecuado aprendizaje de los contenidos específicos de la disciplina;

- alentar comprensiones adecuadas sobre la naturaleza de la labor y del conocimiento físicos;

- fomentar el desarrollo de estrategias y actitudes propias de un abordaje con aspiraciones científicas de las cuestiones.

Pasamos entonces al análisis de un marco útil para poder estudiar el problema y avanzar hacia una posible respuesta. A nuestro juicio, dicho marco debe incluir, entre otras, dos cuestiones centrales, a las que dedicamos nuestra atención:

- cómo puede ser caracterizada «la naturaleza de la labor y del conocimiento científicos», y de qué maneras podrían trasladarse esas características a las prácticas de laboratorio;

• cómo puede favorecerse una adecuada comprensión de facetas propias de la ciencia (vale decir «cómo aprenden ciencias los estudiantes»), y de qué modos podrían adecuarse las prácticas de laboratorio a un apropiado modelo de aprendizaje de la física.

El desarrollo de este marco de referencia brinda elementos de juicio para reflexionar críticamente sobre diversas formas en que las prácticas de laboratorio suelen presentarse en este nivel educativo.

Esas reflexiones permiten esbozar dos hipótesis. Una de ellas («hipótesis crítica») se centra en el análisis de las prácticas habituales y afirma que éstas no favorecen una adecuada comprensión de la disciplina ni motivan a los estudiantes hacia la física ni su aprendizaje. La segunda («hipótesis superadora») avanza hacia la posibilidad de elaborar una orientación alternativa. A grandes rasgos, la alternativa potencialmente superadora que proponemos concibe las prácticas de laboratorio como investigaciones colectivas en torno a situaciones problemáticas de interés para los alumnos. Éstos desempeñan el papel de investigadores noveles y el docente, el de un director de investigación experimentado que orienta el proceso de modo coherente con un tratamiento científico de las cuestiones.

Luego de formular con mayor precisión estas hipótesis, pasamos al control experimental de ambas. Derivamos en total 16 predicciones contrastables. El diseño para la validación es múltiple; incluye quince cuestionarios y tres documentos que se someten al análisis de docentes y estudiantes, entrevistas, y actividades y material didáctico destinado a alumnos de laboratorio y a docentes participantes en talleres de formación y perfeccionamiento.

Los resultados en todos los casos apoyan ambas hipótesis. El diseño múltiple empleado permite controlar su coherencia y presenta, en general, las ventajas de un abordaje sistémico.

Al enunciar las conclusiones finales, planteamos diversas perspectivas que esta investigación deja abiertas, y alertamos contra un reduccionismo acrítico en el tratamiento de la compleja problemática educativa en ciclos básicos de carreras científicas universitarias. Insistimos en que este trabajo debe ser interpretado como un aporte parcial y perfectible, como una contribución a la construcción de una propuesta global, integradora de las diversas facetas que intervienen en el proceso.

ESTRUCTURA DE LOS PROBLEMAS COMBINATORIOS SIMPLES Y DEL RAZONAMIENTO COMBINATORIO EN ALUMNOS DE SECUNDARIA

Tesis doctoral

Autora: Virginia Navarro-Pelayo Sánchez

Director: Juan Díaz Godino

Lugar: *Departamento de Didáctica de la Matemática. Universidad de Granada*

Fecha: 28 de noviembre de 1994

La tesis doctoral se ha centrado en la evaluación del razonamiento combinatorio de los alumnos de secundaria en el proceso de resolución de problemas combinatorios simples y en la identificación de factores condicionantes del mismo. Como objetivo primordial se fijó el estudio del efecto de la variable que se ha denominado *modelo combinatorio implícito* en el enunciado del problema sobre la dificultad de los mismos, sobre las estrategias y errores en el proceso de resolución y de la interacción de esta variable con otras variables de tarea y con la instrucción.

La memoria se ha dividido en tres capítulos:

En el capítulo I se centra la parte teórica de la tesis, así como la descripción del problema y metodología empleada. Este estudio se ha realizado con objeto de situar la investigación en un marco más amplio y justificar la relevancia de la variable principal, modelo combinatorio implícito. Este capítulo se ha dividido en tres secciones:

1) En la primera de ellas, se realiza un análisis matemático de la combinatoria elemental, estructurado en los siguientes aspectos: a) desarrollo histórico y descripción de las aplicaciones actuales del tema, b) análisis de los tipos de problemas combinatorios, c) modelización de los problemas combinatorios simples de enumeración y recuento, y d) estudio de los libros de texto, con objeto de mostrar que los diferentes modelos combinatorios no siempre figuran en las definiciones de las operaciones combinatorias presentadas por los autores, ni en los enunciados de los ejercicios propuestos a los alumnos.

2) Se continúa con dos secciones dedicadas, respectivamente, a describir los principales conceptos teóricos utilizados en la parte experimental y los antecedentes de la investigación en este campo.

3) Finalmente, y como consecuencia del estudio teórico realizado, se formulan

los objetivos y el enfoque metodológico de la investigación.

En el capítulo II se aborda el proceso de construcción de los cuestionarios de evaluación empleados en la fase-piloto, así como el análisis de las entrevistas efectuadas a una muestra intencional de alumnos. Se finaliza con la descripción del diseño y depuración del cuestionario definitivo y las conclusiones obtenidas.

En el capítulo III se describe el estudio de evaluación llevado a cabo con el citado instrumento, sobre una muestra de 720 alumnos de primer curso de bachillerato, con y sin instrucción en el tema, comparando los procesos de resolución. Esta evaluación ha permitido construir una categorización de errores, sus asociaciones y su estructura. Los tipos de problemas considerados en esta investigación han sido los de enumeración y recuento; las variables de tarea han sido: modelo combinatorio (selección, distribución y partición), tipo de operación combinatoria y contexto, consideradas como independientes (el tamaño de los parámetros m y n y el tipo de ayuda suministrada se han tratado como variables controladas).

Para el análisis de los datos se ha efectuado un análisis multivariante. Para comprobar la significación estadística de las diferencias entre las medias de estas dos muestras de alumnos y su dependencia de las diversas variables de tarea incluidas en el cuestionario, se ha realizado un análisis cluster, un análisis factorial y un análisis implicativo. Y con el fin de estudiar las asociaciones entre los errores y la influencia sobre los mismos de las variables de tarea consideradas, se ha realizado un análisis de correspondencias. Así mismo, se han efectuado una serie de entrevistas clínicas a los alumnos con dificultades en el tema. El análisis de éstas ha permitido profundizar en las estrategias de resolución de los problemas y en la comprensión de los conceptos combinatorios por parte de los alumnos.

Como consecuencia del diseño de la investigación y del análisis de los datos recogidos hemos logrado probar el carácter de variable didáctica del modelo combinatorio implícito en el enunciado de los problemas, por su influencia en los índices de dificultad, y en los procedimientos de resolución, debiendo, por tanto, ser tenida en cuenta en la planificación de la enseñanza de la combinatoria. Asimismo, se proporciona como resultado de la investigación una prueba válida y fiable que puede ser usada por los profesores como instrumento de diagnóstico y evaluación del razonamiento combinatorio de los estudiantes de secundaria.

EVOLUCIÓN DE LOS ESQUEMAS EXPLICATIVOS EN SITUACIONES DE EQUILIBRIO MECÁNICO

Tesis doctoral

Autor: *Nicolás Marín Martínez*

Director de la tesis: *Enrique Jiménez Gómez*

Lugar: *Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Granada*

Fecha de lectura: *13 de octubre de 1994*

Una buena comprensión, previa a la enseñanza, de los mecanismos cognoscitivos de los alumnos permite al profesor realizar una enseñanza acomodada a las características psicológicas del discente, entender las razones de éxito o fracaso del aprendizaje y conseguir que asimile, de la mejor forma posible, el contenido objeto de enseñanza.

Asumir las consideraciones didácticas anteriores supone clarificar y evaluar aquella información referida al *conocimiento del alumno* que ofrece caminos o sugerencias para diseñar la enseñanza formal de un contenido académico.

La información que ofrecen las explicaciones de los alumnos, consideradas como ideas que poseen sobre los contenidos académicos a enseñar limita las posibles medidas didácticas a tomar, puesto que, en cada fase de su desarrollo evolutivo, el sujeto presenta, tanto a nivel de conceptos como de procedimientos, un comportamiento cognoscitivo diferente al que se da en un contexto científico y académico.

Así, la estructura del contenido académico ofrece al investigador, en muchos casos, un *esquema asimilador inadecuado* para tomar decisiones, seleccionar situaciones físicas para el cuestionario, interactuar con el alumno, apreciar regularidades, dar significado a los datos, categorizarlos, etc., por lo que la información obtenida suele ser restrictiva (no se tienen en cuenta las ideas no relacionadas con los contenidos académicos) y sesgada (el esquema asimilador es inadecuado).

Se podría obtener mayor información significativa de los alumnos si se utiliza un *contexto teórico* cuyo objeto de estudio sea la formación del conocimiento de ciencias en el individuo. De aquí, que en este trabajo se utilice como contexto teórico la epistemología genética, implementado con aspectos de la teoría del procesamiento de la información y ampliada al campo de la identificación, descripción e interpretación de las explicaciones de los alumnos a través de un modelo cognoscitivo propuesto, el cual

mantiene que, en la formación de las explicaciones de los alumnos, intervienen, además de los factores percibidos de la tarea, tres tipos de elementos pertenecientes al plano inobservable de su estructura cognoscitiva: los instrumentos del pensamiento figurativo, las operaciones mentales y, finalmente, los esquemas sensibles a las variables físicas involucradas en la tarea que denominamos *esquemas espontáneos*.

La necesidad de contrastación del modelo ha llevado a formular una serie de hipótesis con una doble función: analizar el grado de validez del modelo e intentar ampliar y, si es posible, mejorar el conocimiento que se posee de las concepciones en cuestiones relativas a: cómo se generan, cuál es la relevancia de la capacidad operatoria frente al conocimiento del contenido de la tarea, por qué la mayoría de las concepciones tienen carácter preoperacional, etc.

Consecuente con los planteamientos teóricos propuestos y a través de una metodología hipotética deductiva se llega a describir e interpretar las explicaciones de los alumnos en situaciones de equilibrio mecánico, lo que conlleva una mejor comprensión de los mecanismos cognoscitivos de los alumnos.

Se han obtenido conclusiones en cuatro aspectos diferentes relativos a los puntos siguientes.

Esquemas explicativos y reglas de asimilación en situaciones de equilibrio mecánico

Se han conseguido delimitar evolutivamente algunos esquemas explicativos *relacionados con contenidos académicos de física* (intensidad y dirección de una fuerza, momento, peso, acción y reacción y centro de masas) y otros que *no están tan estrechamente vinculados* con éstos (verticalidad, compensación de masas, compensación de la acción de los pesos), pero que el alumno puede poner también en juego en el proceso de aprendizaje.

Estas conclusiones, específicas del contenido de este trabajo, se implementan con otras de índole más general relacionadas con la actividad asimiladora de los esquemas explicativos y otros procedimientos. Así, se ha encontrado que el pensamiento generado espontáneamente por el sujeto, en su interacción con el medio, es fuertemente dependiente del aspecto figurativo de la tarea, de modo que basta con cambiar la estructura figurativa de un problema para que el sujeto pase de dar respuestas correctas a otras más imprecisas.

La metodología empleada en la recogida de información significativa del alumno

Cuando el alumno se sumerge en una dinámica interactiva (entrevista), que obliga a poner en juego sus esquemas cognoscitivos para dar respuesta a la variación de los distintos factores que intervienen en la situación experimental, se obtiene una información densa y precisa con alto contenido evolutivo, que además facilita el buen encasillamiento cognoscitivo del individuo en la muestra.

La interpretación de la información obtenida

Entre las conclusiones referidas a la capacidad del modelo cognoscitivo para explicar las manifestaciones intelectivas de la muestra, en tareas sobre situaciones de equilibrio mecánico, se exponen las siguientes:

a) Se ha puesto de manifiesto la importancia de los *esquemas espontáneos* dependientes del contenido, de forma que sólo unos pocos, bien diferenciados de los esquemas operatorios, junto a manifestaciones propias de su actividad asimiladora, permiten explicar el comportamiento cognoscitivo del sujeto en la mayoría de las tareas sobre equilibrio mecánico.

Por otro lado, también se ha podido comprobar que el rendimiento suele ser mejor en aquellos sujetos que poseen los *esquemas espontáneos* más desarrollados, mientras que poseer una buena capacidad operatoria no es tan determinante.

b) La capacidad transformadora del sujeto proviene tanto de su capacidad operatoria como de sus esquemas espontáneos.

c) Los esquemas espontáneos están más ligados a la capacidad manipulativa del sujeto que a los esquemas operatorios, como se preveía desde el modelo.

Implicaciones didácticas

Destacamos las siguientes conclusiones:

a) En pocas ocasiones las ideas espontáneas generadas por el alumno se presentan como creencias a las que se aferra desesperadamente. Todo lo contrario: las ideas espontáneas son flexibles y adaptativas, de modo que el sujeto está dispuesto a desecharlas (sólo en ese momento), si el adulto le propone una idea nueva para una determinada situación, pero basta que se pase a otra, donde se podría aplicar esta nueva idea, para que el sujeto

vuelva a utilizar sus esquemas espontáneos a falta de algo mejor.

b) La adquisición de nociones académicas, incluso cuando están bien comprendidas, no garantiza que se ligen automáticamente con las aprehendidas por la interacción del sujeto con su medio físico. Aunque algunos alumnos logran esta coordinación sin problemas, lo normal es que los dos tipos de conocimientos convivan independientemente, punto al que se ha llegado desde otras perspectivas.

UN ESTUDIO DEL SISTEMA DE ENSEÑANZA SECUNDARIO EN TORNO AL CONCEPTO DE LÍMITE

Tesis de maestría

Autora: Lorena Espinoza

Directora: Carmen Azcárate

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

Fecha: 6 de octubre de 1994

Se presentan a continuación los resultados de una investigación cuyo propósito es estudiar el sistema de enseñanza de la matemática de bachillerato en torno al concepto de límite.

Por un lado, se estudia el saber matemático «límite» y las transformaciones que sufre para ser enseñado; se describe el tipo de actividad matemática que se realiza con los límites y los modelos matemáticos que se utilizan para dicho concepto. Y por otro, las concepciones de los profesores de matemáticas respecto de la enseñanza y aprendizaje de dicho concepto. Los resultados obtenidos constituyen un instrumento de análisis que permitirá abordar en mejores condiciones el saber del profesor y sus metodologías de enseñanza, identificar, explicar e inclusive predecir algunos fenómenos didácticos.

Introducción

La mayoría de las investigaciones en didáctica de las matemáticas relacionadas con el concepto de límite se han centrado en el estudio de las concepciones de los estudiantes (Cornu,

Spierpinska). Nuestra investigación es desarrollada desde un enfoque sistémico y, de los tres componentes fundamentales que integran todo sistema didáctico, se centra esencialmente, en «el saber matemático límite» y en «el profesor».

Este trabajo sigue la línea de investigación que considera a la didáctica de las matemáticas «la ciencia de las condiciones específicas de la difusión de los conocimientos matemáticos» (Brousseau 1993). Así, ha de preocuparse de estudiar el propio saber matemático involucrado y las transformaciones que sufre para ser enseñado, como también los mecanismos y operaciones utilizados para dicha difusión.

El marco conceptual

Para poder comprender e interpretar el funcionamiento del sistema de enseñanza de las matemáticas, la génesis y desarrollo de las disfunciones dentro del mismo, y poder detectar fenómenos didácticos, es necesario, como punto inicial, estudiar el conocimiento matemático que es efectivamente enseñado. Para ello se debe analizar la actividad matemática concreta que se realiza, lo cual comporta la elección de un modelo epistemológico. En este estudio utilizamos el modelo antropológico de la actividad matemática propuesto por Chevallard. Además, se emplean algunas nociones de la teoría de la transposición y de los momentos didácticos, desarrolladas por el mismo autor.

Una de las tesis centrales de este enfoque es que la matemática que se enseña no es la misma que es construida por los especialistas; ésta sufre una serie de transformaciones para ser enseñada. Sin el estudio del saber matemático que es enseñado, y sin la presencia de buenos modelos epistemológicos explícitos para realizarlo, se hace difícil la visualización de algún fenómeno, en particular didáctico.

El diseño del programa de estudio de investigación

La estrategia utilizada consistió en:

1. Análisis de la actividad matemática que se realiza con los límites en los libros de texto de enseñanza secundaria.
2. Análisis de las opiniones de los profesores de matemática con relación a la enseñanza y aprendizaje del concepto límite.
3. Identificación, explicación y predicción de algunos fenómenos didácticos. Elaboración de conclusiones finales.

Metodología para el estudio

1. Se escogen tres libros de texto oficiales españoles y se analizan utilizando el programa de estudio propuesto por Gascón, desarrollado bajo los mismos paradigmas didácticos.

2. Se construye una entrevista de opiniones y se aplica a siete profesores de matemática que están vinculados con la enseñanza del concepto de límite.

Principales resultados

1. Clases de tipos de problemas

Existen básicamente tres:

- a) Una manipulación algebraica de los límites.
- b) Representación gráfica de funciones.
- c) Estudio de funciones «un poco distintas».

2. *Distinción de actividades que no se realizan y que podrían ser realizadas con las herramientas teóricas proporcionadas*

a) Respecto a lo gráfico: ausencia de la técnica de leer una gráfica en la cual no se conoce la expresión analítica de la función.

b) Respecto a lo discreto: no se construye una relación entre lo continuo y lo discreto; tampoco se trabaja con la sucesión de las imágenes de una función.

c) Respecto a lo numérico: no se trabaja la idea de los números reales como límites de sucesiones.

3. Del análisis de las entrevistas a profesores

a) Falta de un análisis epistemológico del concepto de límite; no existe una distinción clara acerca de los obstáculos epistemológicos y didácticos involucrados.

b) Hay un «misticismo» en torno a la idea de límite; se considera como algo muy complejo, riguroso y que sólo a los matemáticos les corresponde cuestionar y utilizar.

c) Existe un conflicto entre lo que el sistema de enseñanza de la matemática de secundaria establece que hay que enseñar y lo que realmente enseñan los profesores en sus clases.

4. Algunos fenómenos didácticos

a) Para enseñar el concepto de límite, se presentan unos modelos teóricos que luego casi no son requeridos en la actividad concreta.

b) La actividad que se desarrolla es clara y simple; los problemas son esencialmente de cálculo de límites resolubles a través de técnicas claramente explicitadas en el discurso.

c) Existe una gran rigidez en las técnicas enseñadas; la actividad de estudio en campos de problemas se encuentra atomizada y reducida a unos pocos campos.

d) En las matemáticas, el límite aparece ligado a la idea de continuidad; en los textos, por el contrario, a discontinuidad.

5. Algunas posibles explicaciones para estos fenómenos

La tesis sostenida es que hay un modelo implícito de función en el sistema de enseñanza secundario que hace que los límites sean tratados como simples cálculos algebraicos:

Función «sinónimo» Expresión Algebraica.

Existe otro modelo implícito que trata los límites como sinónimos de límites de funciones. Así, los límites son límites de expresiones algebraicas y se trabajan como un problema algebraico.

6. Algunos obstáculos epistemológicos y didácticos

a) Para formalizar el concepto de límite se necesita del concepto de número real, pero para definir *número real* se necesita del concepto de límite.

b) Epistemológicamente no se puede concebir la idea de límite desligada de la de número real; pero, en la secundaria no se puede tratar mucho con lo numérico, porque se tocarían a los reales, tema aún misterioso en este nivel.

c) Matemáticamente, límite de sucesión es más sencillo que límite de función porque es algo discreto; didácticamente, es al revés, pues límite de función es más fácil de representar.

Algunas consideraciones finales

Una de las contribuciones importantes de esta primera parte del estudio es mostrar que el saber que debe ser enseñado constituye una construcción nueva, producida bajo otros paradigmas e intereses. Los modelos del saber matemático

no coinciden con los modelos del saber que debe ser enseñado y, por tanto, posee una epistemología nueva, una epistemología propia de la didáctica de las matemáticas. Así, a pesar de existir una mutua dependencia entre la problemática epistemológica y didáctica, el peso del colectivo de los matemáticos en la planificación de una intervención didáctica ha de ser relativizada y supervisada por los didactas.

INFLUENCIA DE LAS VARIABLES COGNITIVAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTOS DE MECÁNICA. UN ESTUDIO EMPÍRICO Y UN ANÁLISIS COMPUTACIONAL

Tesis doctoral

Autor: José M. Oliva Martínez

Director: Luis Rosado

Lugar: Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid

Fecha: 29 de noviembre de 1994

Planteamiento

La investigación desarrollada tiene por objeto esclarecer diversos aspectos acerca del origen y evolución del conocimiento en el dominio de la mecánica. Más concretamente, se trata de evaluar el alcance y los mecanismos a través de los cuales influyen distintas características cognitivas sobre el proceso de construcción de conocimientos a través de estrategias de aprendizaje significativo y de cambio conceptual.

Con ese fin se analiza cómo interactúan entre sí y cómo influyen sobre el resultado final, variables como las ideas intuitivas preinstruccionales, el nivel de razonamiento formal y el estilo cognitivo dependencia/independencia de campo (DIC). En concreto, se investiga el papel que juega la primera de esas variables en el proceso de aprendizaje a nivel de bachillerato, y la función reguladora que ejercen las otras dos variables sobre el proceso de cambio en las concepciones iniciales.

Metodología

En el estudio interviene una muestra de más de 1.500 escolares de centros públi-

cos ubicados en el contorno de la Bahía de Cádiz, procedentes de niveles educativos diversos, que van desde 8º de educación general básica a estudiantes de primer curso de licenciatura, pasando por alumnos de bachillerato y del curso de orientación universitaria. También toman parte más de medio centenar de profesores de distintos ámbitos educativos que imparten clases de asignaturas de física en centros públicos.

Con objeto de acceder al estudio de las nociones intuitivas y de constatar su evolución a lo largo del proceso de aprendizaje, se utilizan diversas técnicas. Se emplean pruebas de opción múltiple, con objeto de acceder a la capacidad para interpretar/predecir el resultado de fenómenos sobre mecánica próximos a la vida diaria; tests de asociación de palabras, con objeto de acceder a la estructura semántica de la memoria; entrevistas individuales, para profundizar en las cadenas causales de razonamiento empleadas por los alumnos en sus argumentaciones; y, por último, pruebas de exámenes, con objeto de acceder a medidas de rendimiento. Por su parte, el nivel de razonamiento formal se mide a través de una versión en castellano del Test Of Logical Thinking (TOLT), mientras que el estilo cognitivo se analiza a partir del test de figuras enmascaradas (GEFT).

Paralelamente se efectúa un análisis complementario sobre los razonamientos usados por estudiantes de distintas características en tareas sobre movimiento vertical de graves, aportando una nueva metodología consistente en la utilización en este ámbito de estudios de técnicas de representación computacional del conocimiento procedentes de la inteligencia artificial.

En ambos casos, la fase de tratamiento de datos se realiza a través de ordenador mediante el empleo de los paquetes de programas SPSS y SYSTAT en sus distintas versiones.

Resultados y conclusiones

Los resultados obtenidos avalan el papel que otorgan las recientes visiones constructivistas sobre el aprendizaje a las ideas intuitivas de los alumnos y los procesos de cambio conceptual. Prueba de ello lo constituye el hecho de que las respuestas que emiten durante la interpretación y predicción de fenómenos cotidianos, en una fase preinstrucciona, mantengan un significativo grado de seguridad, estabilidad y consistencia intercontextual, y se muestren comunes en estudiantes de distintas características intelectuales. También apoya tal conclusión el hecho de que la enseñanza con-

duzca a un aprendizaje más significativo y acorde con las nociones físicas que se pretenden enseñar, cuando la instrucción se planifica tomando en cuenta esas ideas y la necesidad de cambiarlas.

También se detecta que, si bien el nivel de razonamiento formal y el estilo cognitivo no influyen, de una manera notoria, en la naturaleza de las ideas que presentan los alumnos cuando inician física en el bachillerato, si repercuten en la consistencia y en el grado de organización interna de las mismas y en la viabilidad del cambio conceptual. El estilo cognitivo DIC ejerce su acción sólo de un modo indirecto a través del nivel de pensamiento formal, ya que su influencia decae ostensiblemente cuando se controla esa otra variable. Tales resultados avalan también la importancia de tomar en consideración no sólo las ideas previas de los estudiantes a la hora de planificar la enseñanza, sino también sus capacidades lógico-formales y factores relacionados con las diferencias individuales.

Con todo, a pesar de jugar un papel importante, como variables reguladores del proceso de aprendizaje, tanto el nivel de razonamiento formal como el estilo cognitivo DIC ejercen una función limitada, y caben esperar variaciones importantes en los progresos adquiridos por los alumnos en función de otras variables como lo es el diseño instruccional empleado.

Los resultados obtenidos a través del análisis computacional realizado se muestran similares a los obtenidos a través de otros instrumentos de investigación didáctica más convencionales. No obstante, aportan una nueva dimensión al estudio sobre los razonamientos implícitos, al proporcionar métodos más finos con vistas a profundizar en la naturaleza y propiedades que presentan los esquemas de razonamiento usados por los alumnos en distintos dominios de conocimiento.

EL ESTATUS DE LOS NÚMEROS NEGATIVOS EN LA RESOLUCIÓN DE ECUACIONES

Tesis doctoral

Autora: *Aurora Gallardo*

Directora: *Teresa Rojano*

Lugar: *Departamento de Matemática Educativa. CINVESTAV. México*

Fecha: *14 de diciembre de 1994*

La extensión del dominio numérico de los naturales a los enteros, durante el proceso de adquisición del lenguaje algebraico por el estudiante de secundaria, constituye un elemento esencial para lograr la competencia algebraica en la resolución de problemas y ecuaciones. Este planteamiento condujo a la elaboración de la presente tesis.

El problema central propuesto es el estudio de entrecruzamientos de las categorías: a) procesos de adquisición y uso del lenguaje algebraico; b) métodos de resolución de problemas verbales y ecuaciones lineales; y, c) estatus del número negativo en problemas verbales y ecuaciones lineales. La metodología general del proyecto aborda la interacción de estas tres categorías en dos planos: el histórico y didáctico. En el plano histórico, se realizó un estudio de los capítulos de aquellos textos antiguos que presentaban alguna evidencia del estatus del número negativo en el contexto de problemas y ecuaciones. Además, se examinaron los distintos niveles de lenguaje existentes, así como también los métodos y estrategias utilizados en la resolución de problemas. La época histórica bajo estudio abarca fundamentalmente los siglos XIII y XV, aunque se revisan antecedentes de la etapa antigua (en las culturas china, griega, hindú y árabe). En el plano didáctico, se elaboró un diseño experimental con estudiantes del segundo grado de secundaria, ya que la enseñanza del álgebra escolar a nivel medio se corresponde en cuanto a sus contenidos básicos con la época histórica analizada. El diseño experimental presentado incluye el uso de cuestionarios y entrevistas clínicas grabadas en vídeo.

La confrontación de ambos ámbitos, el histórico y el didáctico, exhiben analogías en relación con el entrecruzamiento de los lenguajes, los métodos de resolución y el estatus del número negativo en el contexto de ecuaciones y problemas. Algunas de las *analogías fundamentales* son las siguientes:

1. Posibilidad de resolver el problema sin expresar la solución en términos negativos. No existe solución negativa en el lenguaje verbal, se absorbe en el proceso de resolución como sustraendo. Para que haya solución negativa es necesario un lenguaje simbólico. Hay casos en que aun existiendo este lenguaje, se desecha la solución negativa; la ecuación es replanteada a fin de obtener una solución positiva.

2. Un problema «imposible» por métodos aritméticos se considera «posible» por métodos algebraicos, una vez que la

solución negativa es validada al ser sustituida en la ecuación o ecuaciones que modelan el problema.

3. Existen métodos y estrategias de resolución de ecuaciones con soluciones positivas que no se transfieren al caso de soluciones negativas. El sujeto crea métodos *ad hoc* en el caso de problemas con soluciones negativas.

4. Se identifican fuentes de significado asociadas a la solución negativa de una ecuación o problema. Estos significados perduran hasta la instauración definitiva del lenguaje algebraico.

5. En el ámbito histórico se considera alcanzada la extensión del dominio numérico de los naturales a los enteros, cuando existe un lenguaje sincopado de expresión, un método algebraico de resolución, operatividad fluida e interpretación de los negativos como números con signo, números relativos y números aislados. En el ámbito didáctico también se cumplen las condiciones anteriores. Sin embargo, un estudio a mayor profundidad advierte que, una vez lograda la extensión del dominio numérico, persiste el predominio del negativo y un desequilibrio entre la semántica y la sintaxis que dificulta el desprenderse de los significados de los símbolos y dar sentido al proceso de sustitución en ecuaciones y problemas.

6. En la mayoría de los estudiantes de segundo de secundaria no se ha instaurado plenamente el lenguaje algebraico. De hecho, la consolidación del lenguaje algebraico se encuentra determinada de manera fundamental por la evolución hacia niveles más avanzados de conceptualización del número negativo (como número generalizado, incógnita, variable).

7. Cuando el número negativo adquiere el mismo estatus que el número positivo, esto es, se convierte en concepto matemático formal, se amplían sus fuentes de significado a áreas como la geometría analítica, el álgebra vectorial y, por ende, a los campos de aplicación de estos temas, principalmente la física y las ingenierías.

En síntesis, en este proyecto se ha elaborado un *diseño experimental* que ha permitido la *construcción de un modelo teórico local* sobre la problemática de los números negativos a nivel de las escuelas secundarias. Este modelo exhibe la contrastación de un análisis histórico-crítico *versus* un análisis didáctico. Con un planteamiento inicial de *categorías de análisis* (lenguaje, método, estatus del negativo), se arribó a la existencia de *analogías fundamentales* en ambos

àmbitos. En el àmbito didàctico propiamente dicho, este modelo pretende dar explicación teòrica a buena parte del cúmulo de evidencia empírica existente sobre el tema en enseñanza media. A partir de la definición de tres componentes: *modelos de enseñanza, dificultades sintàcticas y resolución de problemas* se identifican *tendencias cognitivas* de los sujetos teñidas por las maneras en que se enseñan y aprenden los números enteros en los sistemas educativos nacionales (enseñanza-aprendizaje-cognición). Así también, la identificación de *perfiles o clases* de individuos exhibe el nivel de conceptualización de número negativo que el estudiante necesita alcanzar para convertirse en un buen usuario en la materia (competencia formal).

ANÀLISIS DE LES INTERACCIONS ENTRE VARIABLES TEXTUALS, CONEIXEMENT PREVI DEL LECTOR I TASQUES EN L'APRENENTATGE DE TEXTOS EDUCATIUS DE FÍSICA I QUÍMICA

Tesis doctoral

Autor: *Joan Josep Solaz i Portolès*
Directores: *Vicent Santjosé López y Eduardo Vidal-Abarca Gámez*
Lugar: *Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València*
Fecha: *Junio de 1994*

En aquest treball, s'aplica el model de processament de textos de van Dijk i Kintsch en l'elaboració de textos que afavoreixen la formació d'una o de les dues representacions mentals, que, segons el susdit model, es construeixen després de la lectura d'un text: el text-base i el model situacional. El text-base expressa el contingut semàntic textual i està influït per les relacions de coherència entre les dues proposicions; el model situacional, en canvi, és el resultat de la integració del contingut textual dins dels esquemes de coneixement del lector, per la qual cosa, està influït pels aspectes que enllacen la informació textual amb el coneixement previ del lector.

Els textos elaborats, que contenen la mateixa informació bàsica i variables textuals que faciliten la formació del text-base, ja que suposen un increment de la coherència, o d'un model situacional, i encaixen el contingut textual en els

esquemes de coneixement del lector, es posen a prova en estudiants de segon de BUP de diferent coneixement previ del tema sobre el qual versen els textos - *model atòmic*- i en tasques d'aprenentatge de diferent nivell cognitiu: record lliure, captació d'idees principals, resolució de problemes i coneixement conceptual o proposicional.

S'utilitza un disseny factorial amb dos factors entre subjectes a) tipus de text (amb quatre valors: text sense variables textuals que afavorissin la formació del text-base o d'un model situacional [T1]; text amb variables textuals que afavoreixen la formació d'un model situacional [T2]; text amb variables textuals que afavoreixen la formació del text-base [T3]; text amb variables textuals que afavoreixen ambdues representacions [T4]); i b) coneixement previ del lector (amb dos valors: baix, [C1], i alt, [C2]). Per la qual cosa, resulta ser un disseny factorial 4 x 4.

Les conclusions més rellevants de la investigació són:

1. Els textos que contenen variables textuals que afavoreixen la formació del text-base milloren el record de les proposicions més importants i l'increment relatiu de coneixement conceptual, en subjectes de baix coneixement previ; i la captació d'idees principals, en tots els subjectes.

2. Els textos amb variables textuals que faciliten alhora la formació del text-base i d'un model situacional milloren, a més a més, el record de les proposicions poc importants, en subjectes de baix coneixement previ; el record de les proposicions importants, en subjectes d'alt coneixement previ i el rendiment en la resolució de problemes, en tots els subjectes.

3. El coneixement previ dels lectors contribueix al record de les proposicions més importants d'un text -com més coneixement previ es té, més proposicions importants es recorden-; al increment relatiu del coneixement conceptual -com menys coneixement previ es té, més proposicions importants es recorden; i al increment relatiu del coneixement conceptual -com menys coneixement previ es té, més s'incrementa el coneixement conceptual en termes relatius-. Tanmateix, el coneixement previ no és rellevant en el record de les proposicions poc importants, en la captació d'idees principals i en la resolució de problemes.

4. Els subjectes amb poc de coneixement previ que llegeixen textos amb variables textuals que augmenten la coherència incrementen notòriament, en termes re-

latius, la interconnexió de conceptes o nombre de relacions establertes per concepte en llur estructura cognitiva.

5. Per una banda, el que els subjectes duguen a terme amb èxit la resolució de problemes depèn, entre d'altres coses, de llur coneixement conceptual; per una altra banda, referint-nos a problemes amb els mateixos conceptes subjacents, resoldre bé problemes algorítmics -aquells en els quals s'apliquen fórmules o regles- no comporta saber resoldre bé els problemes conceptuals -aquells que requereixen processos d'inferència i de comprensió de conceptes-, i per saber solucionar aquests últims cal dominar els primers. El percentatge d'estudiants amb bon coneixement conceptual que resolen bé els problemes i que a l'ensem són capaços de respondre encertadament tant a problemes algorítmics com a conceptuals, creix de manera significativa quan aquests han llegit un text coherent que enllaça amb els seus coneixements anteriors. A més, tenir un alt coneixement previ afavoreix la resolució de problemes algorítmics però no conceptuals.

6. S'ha trobat una correlació significativa entre les puntuacions de la resolució de problemes i les de record lliure que, en el cas del record de les proposicions més importants, es dona principalment quan es llegeixen textos coherents. Aquests mateixos textos ajuden que l'increment del coneixement conceptual duga associat un increment de la interconnexió conceptual.

7. Les analogies es mostren com una variable textual que dona suport a l'estudiant en totes les tasques d'aprenentatge des de les de baix nivell cognitiu, com ara la captació d'idees principals, a les d'alt nivell cognitiu, com ara la resolució de problemes.

L'estudi valida i estén el model de processament de textos de van Dijk i Kintsch, i fa palès l'alt rendiment que se li pot traure al llibre de text en ciències físico-químiques, puix mitjançant la lectura de textos que condueixen a un text-base i model situacional adients, s'aconsegueix que subjectes de baix coneixement previ assolisquen nivells de record i de resolució de problemes que no difereixen significativament dels obtinguts pels subjectes d'alt coneixement previ.

ESTRATEGIAS, DIFICULTADES Y ERRORES EN LOS APRENDIZAJES DE LAS HABILIDADES ESPACIALES

Tesis doctoral

Autora: *Núria Gorgorió*
 Director: *Adalberto Fernández*
 Lugar: *Departament de Pedagogia Aplicada. Universitat Autònoma de Barcelona*
 Fecha: *Julio de 1994*

La investigación se inscribe en el marco de los estudios que se ocupan del aprendizaje de las matemáticas centrándose en las capacidades de los alumnos. Concretamente, se han estudiado los procesos seguidos por los alumnos para la resolución de actividades geométricas en las que la transformación propuesta es una rotación en el espacio. La investigación pretende aportar información que contribuya a la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje de la geometría.

En la investigación se plantean dos problemas. El *problema previo* tiene como objetivo identificar tipos de errores cometidos por los alumnos en un cuestionario de geometría espacial, en aquellos ítems en que la transformación geométrica propuesta es una rotación en el espacio, y asociarlos, cuando sea posible, a grupos de la muestra.

El *problema principal* tiene como objetivo establecer una topología de procesos de resolución de actividades donde la transformación geométrica propuesta es una rotación en el espacio, y, en particular, analizar y caracterizar las estrategias, dificultades y errores que aparecen en los procesos de resolución y asociarlos, cuando sea posible, a grupos de la muestra. El objetivo no es estudiar el comportamiento individual a lo largo de las distintas actividades, sino analizar el comportamiento del grupo de alumnos en cada actividad, y cómo las características de una determinada actividad condicionan la aparición de determinados procesos, estrategias, dificultades y errores.

Para la elaboración del marco teórico, se han revisado casi un centenar de artículos y libros publicados en las dos últimas décadas con relación al tema, agrupándolos en tres apartados. En el primero, se analiza la bibliografía en relación con las habilidades espaciales —conceptualización, topología y relación con la imagen—. El segundo se ocupa de las publicaciones que estudian las pautas de comportamiento y diferencias individuales—evolución individual y diferencias entre

individuos—. El tercero hace referencia a la identificación de grupos de incidencia variables determinantes de los grupos, diferencias de rendimiento y de procesos entre grupos de incidencia.

En la metodología utilizada se complementan el análisis cuantitativo y el cualitativo, en función del problema planteado. Para obtener los objetivos propuestos en el *problema previo* se analizan cuantitativamente los resultados obtenidos por una muestra de 645 alumnos en tres ítems de un cuestionario de elección múltiple, elaborado y validado en un trabajo anterior. Los tres ítems requieren para su resolución efectuar una rotación de un objeto tridimensional. Los alumnos son una muestra representativa de la población estudiantil de los centros públicos de Barcelona y su área metropolitana, de edades comprendidas entre 12 y 16 años, de los dos sexos y procedentes de los tres niveles de escolarización estudiados —BUP, FP y EGB.

El instrumento del *problema principal* es cualitativo. Se presentan, a una muestra de 24 alumnos, 9 actividades en las que deben elaborar y justificar las respuestas. Las actividades se redactan de modo que se cubran al máximo las características que, según las hipótesis, pueden condicionar el comportamiento de los alumnos —formulación, forma de presentación y de respuesta, contexto, acción requerida y requerimiento geométrico. Las actividades se pasan a los alumnos siguiendo la técnica de entrevistas clínicas. Los 24 alumnos de la muestra se escogen de forma estratificada, teniendo en cuenta las condiciones establecidas a partir del marco teórico —nivel de escolarización, sexo y rendimiento en el cuestionario. Se analizan y estructuran los datos a través de redes sistémicas y se lleva a cabo un estudio estadístico inferencial cuando el problema lo requiere.

Los resultados más importantes en relación con las estrategias de los alumnos y con la habilidad de orientación espacial son:

- La clasificación de las estrategias cognitivas de los alumnos en estrategias de resolución (decisión), de procesamiento y de aproximación a la forma.
- Las estrategias de resolución comportan alguno de los aspectos siguientes: la implicación del sujeto en el contexto, basarse en información obtenida en experiencias previas o simplificar la estructura de la actividad.
- Las estrategias de procesamiento pueden caracterizarse como estrategias de procesamiento visual o verbal, según el alumno explicita o no haber imaginado

diversos aspectos para la resolución de la situación.

- Las estrategias de aproximación pueden caracterizarse como estrategias de aproximación global o parcial, según el alumno centre su atención en la forma de los objetos considerada globalmente o únicamente en alguna de sus partes.

- Para cada categoría de estrategias, la aparición de un tipo o de otro depende de una o más características de la actividad planteada. Se describen, caracterizan y ejemplifican los diversos tipos de estrategias aparecidos en cada categoría y su relación con las características de la actividad propuesta.

- El tipo de estrategias de procesamiento o de aproximación utilizadas no conducen de manera significativa a diferencias entre el número de respuestas correctas y de errores desde un punto de vista geométrico.

- La habilidad de orientación espacial de un individuo depende de su capacidad de utilizar con éxito estrategias de resolución, de procesamiento y de aproximación. No depende únicamente de las potencialidades o capacidades del individuo, sino también de las características de la actividad a la que se enfrenta, y del nivel del sujeto en relación con las habilidades de interpretación y de comunicación de información espacial.

Los resultados incluyen también la caracterización de las dificultades y de los errores de los alumnos, la comparación entre los comportamientos de los alumnos de los distintos grupos de la muestra, determinados por las variables sexo y escolarización, y recomendaciones en relación con la implementación de las habilidades espaciales de los alumnos.

LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. ASPECTOS DIDÁCTICOS Y COGNITIVOS

Tesis doctoral

Autora: *M. Paloma Varela Nieto*
 Directora: *M. Mercedes Martínez Aznar*
 Lugar: *Didáctica y Organización Escolar. Facultad de Educación. Centro de Formación del Profesorado. Universidad Complutense de Madrid*
 Programa: *Formación inicial y permanente del profesorado*
 Fecha: *13 de septiembre de 1994*

Planteamiento y diseño de la investigación

La finalidad del trabajo realizado ha sido estudiar un proceso de enseñanza/aprendizaje encaminado a familiarizar a los alumnos con una *metodología investigativa de resolución de problemas de enunciado abierto*, centrada en el campo de la física (mecánica y electricidad). Hemos estudiado hasta qué punto este proceso favorece un cambio conceptual, persistente en el tiempo, acompañado de una actitud positiva hacia el aprendizaje de la ciencia, investigando también *la interacción de las características cognitivas* del sujeto que aprende, tanto en la comprensión como en la resolución de tareas de contenido científico. De las posibles variables a escoger se han seleccionado el nivel de desarrollo de pensamiento formal y el estilo cognitivo dependencia de campo, ampliamente relacionadas en la investigación con la resolución de problemas. Nuestro trabajo se ha llevado a cabo con el modelo de resolución de problemas propuesto por el equipo de Daniel Gil (Universidad de Valencia), validado tanto con alumnos de bachillerato como con profesores en formación inicial y permanente.

Desde un punto de vista teórico, el trabajo realizado podemos considerarlo en el marco de la *investigación-acción*, donde el profesor juega el doble rol de profesor y de investigador, asumiendo la hipótesis del conflicto sociocognitivo concebido como resultado de la confrontación entre iguales. Además se han introducido en el proceso estrategias encaminadas a favorecer en los estudiantes aspectos relativos a la *metacognición*. En cuanto al modelo sobre cómo aprenden los sujetos, nos hemos decantado por la perspectiva constructivista de amplia resonancia en el campo de la didáctica de las ciencias.

La investigación se ha llevado a cabo con grupos de estudiantes de 3º de bachillerato, dentro de un contexto escolar normalizado, donde el aspecto de la *representatividad* se ha primado frente al problema del tamaño. En cuanto a la *validez* del diseño, nos hemos decantado por una *validez ecológica* que se interesa fundamentalmente por la generalización de los efectos experimentales a otras situaciones, lo que permite deducir una serie de implicaciones didácticas.

Resultados y conclusiones

Para el desarrollo de la investigación, el proceso ha requerido la selección de un conjunto de problemas abiertos así como el entrenamiento de los estudiantes en el modelo de resolución propuesto. Las hipótesis se han orientado hacia el cambio conceptual producido y la interacción de las variables cognitivas de los alumnos en relación con la metodología desarrollada.

Sobre el cambio conceptual

Las hipótesis 1 y 2 planteadas en esta investigación, hacen referencia al cambio conceptual producido en el grupo experimental y su comparación con el grupo control. Un resumen de los resultados correspondientes se presenta a continuación:

– El grupo experimental ha conseguido al final del proceso, un nivel de resultados significativamente superior al nivel inicial.

– Los esquemas que más han evolucionado son: principio de conservación de la energía mecánica y eléctrica, caída libre de los cuerpos y constancia de la corriente eléctrica.

– Los esquemas con más índice de concepciones alternativas al final del proceso han sido: relación fuerza/velocidad en trayectorias curvas, concepto de voltaje y razonamiento secuencial.

– Los estudiantes, como consecuencia del tipo de trabajo realizado, utilizan los esquemas conceptuales de forma más coherente. El principio de conservación de la energía es el que presenta mayor nivel de relación en cada una de las áreas.

– En cuanto a la comparación con el grupo control, inicialmente no hay diferencias significativas con el grupo experimental. Al final del proceso existen diferencias significativas a favor del grupo experimental, para siete de los nueve esquemas estudiados.

Sobre la influencia de las diferencias individuales

En la contrastación de las hipótesis relativas a la interacción de las característi-

cas de tipo cognitivo con la eficacia para resolver tareas de contenido científico, se ha utilizado un análisis de correspondencias a partir del cuál se puede concluir:

– Nuestros resultados apoyan la idea de que la competencia formal de los individuos está influenciada por su estilo cognitivo a la hora de actuar.

– Existe una asociación entre los valores extremos de las variables cognitivas (dependencia de campo y pensamiento formal) y el cambio conceptual experimentado por los alumnos en mecánica y electricidad. Esta interacción es independiente del contenido específico de los esquemas investigados.

– Los alumnos caracterizados por los valores más altos de las variables cognitivas han conseguido al final del proceso mejores resultados. Un estudio detallado pone de relieve que, en el campo de la metodología, la relaciones detectadas dependen específicamente del tipo de destrezas a utilizar, mostrando los resultados que la capacidad de emitir hipótesis y de elaborar estrategias son las más relacionadas con las características cognitivas de los individuos.

Implicaciones didácticas

De forma muy breve, presentamos las conclusiones que se derivan de nuestra investigación:

• La resolución de problemas puede utilizarse como eje para desarrollar el currículo de ciencias.

• El enfoque constructivista se presenta como una explicación coherente sobre cómo aprenden los estudiantes conceptos científicos.

• La metodología desarrollada dentro del aula, orientada en el marco teórico de la investigación-acción, se muestra como una forma eficaz de trabajo.

• Las características cognitivas, dependencia-independencia de campo y nivel de desarrollo del pensamiento formal, dada su relevancia, deberán tenerse en cuenta dentro del proceso de enseñanza/aprendizaje.