

MODELO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE CENTRADO EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS: FUNDAMENTACIÓN, PRESENTACIÓN E IMPLICACIONES EDUCATIVAS

LOPES, B.¹ y COSTA, N.²

¹ Secção de Física. UTAD. Quinta de Prados. 5000 Vila Real. Portugal.

² Secção Autónoma de Didáctica e Tecnologia Educativa. U. Aveiro. 3800 Aveiro. Portugal.

SUMMARY

The present article seeks to present a Science Teaching and Learning Model Based on Problem Solving. The presentation is based on a review of related Literature. An empirical study carried out in Portugal with secondary school teachers of Physics and Chemistry also contributed to devising the model. Finally, the implications for education and further research arising from the model in question are referred to.

INTRODUCCIÓN

Presentación general del trabajo

Este artículo pretende presentar un modelo de enseñanza-aprendizaje (EA) centrado en la resolución de problemas concebido para orientar la enseñanza-aprendizaje de la física en los niveles básico y secundario.

El modelo ha sido construido según la literatura sobre resolución de problemas (RP) y ajustado mediante una experiencia de concepción, ejecución y evaluación de estrategias de enseñanza-aprendizaje en el contexto del aula, realizado por un grupo de profesores de física y química (Lopes et al., 1993c).

La fundamentación del modelo se discute en el punto 2 y su presentación en el punto 3. Finalmente (punto 4) se señalan algunas implicaciones educativas, desde el punto de vista de la enseñanza-aprendizaje de la física y química y de la formación de profesores. Se presentan también sugerencias de investigación.

¿Por qué un modelo de EA centrado en la RP?

La literatura sobre RP es vasta y compleja. La investigación ha sido realizada según las diversas perspectivas de enseñanza-aprendizaje y se ha interesado en varios aspectos específicos, siendo difícil una visión global y consistente del papel de la resolución de problemas en el aula. Los estudios sobre este tema tampoco son muchos, aunque existan algunos estudios recientes de autores como Dumas-Carré y Goffard, Martínez-Torregrosa y Gil-Pérez, y Kempa. Hay autores (por ejemplo, Carpenter, 1987) que opinan que la razón de tal diferencia entre el volumen de investigación en RP y el poco impacto obtenido en las prácticas educativas se debe a la casi ausencia de investigación sobre este aspecto en el contexto del aula.

El modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas es un intento de presentar una visión global y teóricamente coherente de su utilización en el

aula, teniendo en cuenta modelos de otros autores, en particular Watts (1991) y Gil Pérez (1993). En este modelo, la formulación y resolución de problemas ocupan un lugar central de las tareas de enseñanza y de aprendizaje. Los conceptos científicos son identificados, progresan y son confrontados con las concepciones de los alumnos durante la formulación y resolución de problemas.

Se considera, así, que el modelo de EA centrado en la RP descrito a continuación constituye un desafío tanto para los profesores como para los investigadores. Este desafío está siendo asumido desde ahora por un grupo de investigadores (GIR/FQ sito en la Universidad de Aveiro con el apoyo del Instituto de Inovação Educacional), que incluye a autores que están realizando un proyecto de investigación-acción-formación para el desarrollo de estrategias en el aula concebidas a partir del modelo de EA centrado en la RP.

FUNDAMENTACIÓN DEL MODELO

El modelo de EA centrado en la RP se fundamenta en tres pilares: investigación específica en resolución de problemas, estudios de raíz psicológica sobre la EA y epistemología de la ciencia y sus implicaciones educativas.

Investigación específica en resolución de problemas

La importancia de las estrategias de enseñanza-aprendizaje en la resolución de problemas varía considerablemente. En efecto, el currículo de ciencias y en particular de física, en la escuela, puede estar basado en problemas o tener sólo algunos; los problemas pueden ser de diferentes tipos (Watts, 1991). Un currículo centrado en la resolución de problemas debe estar basado en una gran variedad de problemas. De acuerdo con Lock (1990), en un currículo centrado en la resolución de problemas, los trabajos realizados en el aula deben estar centrados en el alumno y ser abiertos, lo que todavía es poco común en las escuelas, aunque va aumentando. Con todo (Lock, 1990), según que la finalidad del trabajo sea desarrollar la comprensión de los conceptos, las habilidades práctico-manipulativas o entrenar las habilidades de investigación, el control del profesor debe ser mayor o menor o incidir sobre determinado aspecto de la tarea.

Según Watts (1991), un currículo centrado en la resolución de problemas es todavía una meta a alcanzar, probablemente por la dificultad de materializarlo y del camino a seguir. Garrett (1986) cita estudios que apuntan a la resolución de problemas como una estrategia de enseñanza utilizada regularmente, pero otros estudios, muestran que, lejos de ser universal, tal estrategia es bastante compleja.

Autores como Watts y Gilbert (1989), Lock (1990, 1991), Watts (1991), Stinner (1990), Stewart y

Hafner (1991), Sigüenza y otros (1990) y Cheung y Taylor (1991) presentan una visión clara, consistente y global de cómo deben ser organizadas las tareas de aprendizaje y cuáles deben ser sus características para que la enseñanza-aprendizaje se asiente en una perspectiva constructivista y eventualmente se centre en la resolución de problemas. Pizzini y otros (1992) presentan un estudio empírico en el que compara el comportamiento de los estudiantes enseñados con un modelo específico de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas (SSCS) con el de los estudiantes enseñados con el modelo de laboratorio tradicional, siendo los resultados favorables al primero.

Por otro lado, varios autores abordan la resolución de problemas como una actividad importante a incluir en los currículos de las respectivas disciplinas sin estudiar o proponer una enseñanza-aprendizaje centrada en ellos. Por esa razón, de acuerdo con la advertencia hecha por Carpenter (1987) de que no hubo progreso en la aplicación en el aula del conocimiento de cómo se resuelven problemas, los estudios que se incluyen en esta perspectiva tienden a:

- Analizar por qué los alumnos tienen dificultad en resolver problemas en el aula (Gil Pérez et al., 1982; Gil Pérez et al., 1983; Gil Pérez et al., 1988; Roth, 1991; Joshua et al., 1991; Pomés Ruiz, 1991; Lang da Silveira et al., 1992; Gil Pérez et al., 1992).

- Proponer soluciones de enseñanza-aprendizaje para ser implementadas en el aula de modo que sea posible un mejor aprovechamiento y desarrollo de la capacidad de resolver problemas (Pедуzzi, 1987; Gil Pérez, 1988; Gil Pérez, 1988; Gil Pérez et al., 1990; Stewart et al., 1990; Gil Pérez et al., 1992; Ponte, 1993; Pestel, 1993).

- Estudiar aspectos específicos que hacen más eficiente el progreso de la capacidad de resolver problemas a partir de actividades en el aula, como son: no demandar pensamiento formal para resolver problemas (Smith y al., 1992), proponer problemas reales para ser resueltos con la ayuda del ordenador y de la modelización matemática (Roth, 1991), la resolución de problemas en grupos de trabajo cooperativo en los que la comunicación sea estructurada, aumentando así la consecución (Ross y Raphael, 1990).

- Proponer estrategias para cuestiones específicas basadas en problemas (Milles, 1991).

- Estudiar cómo los profesores plantean y resuelven problemas y las implicaciones de los procesos deficientes que usan en sus enseñanzas-aprendizajes (Garrett et al., 1990; Adigwe, 1991; Adigwe, 1992).

- Estudiar el papel de la evaluación en la corrección y mejora de la consecución de los alumnos en la resolución de problemas (Schoenfeld, 1982; Kramers-Palls et al., 1988; Swain, 1991; Fernandes, 1991; Charles y Lester, 1986; Kilpatrick, 1991; Leal y Abrantes, 1991; Abrantes, 1988).

La tendencia de la investigación en la resolución de problemas hacia estrategias específicas (*Science Education*, 1991, 76(3)), la literatura citada, los estudios que pretenden una perspectiva global de la enseñanza de las Ciencias como el de Watts y Gilbert (1989) y los estudios recientes de psicología del aprendizaje (Tavares, 1992) apuntan a la posibilidad y viabilidad de generar un modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas que no ignore aspectos de la enseñanza de las ciencias, como el trabajo experimental, el cambio conceptual y el lenguaje.

Los estudios que consideran la enseñanza-aprendizaje como resolución de problemas, o que lo perciben centrado en la resolución de problemas, o que estudian estrategias de enseñanza-aprendizaje para mejorar la resolución de problemas, no la consideran una actividad compleja. La resolución de problemas tiene lugar en cualquier nivel del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Desde un punto de vista más general, la construcción del modelo de enseñanza-aprendizaje de física centrado en la resolución de problemas se fundamenta en estudios de algunos autores (Cheung y Taylor, 1991; Gil-Pérez et al., 1982, 1993; Watts, 1991; Stewart y Hafner, 1991), a pesar de que no todos presentan un modelo global de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas. Estos estudios fundamentan sus propuestas en análisis sobre la construcción del conocimiento científico, por los científicos, y en su transferencia al aula.

Tres aspectos son comunes a estos estudios:

a) La construcción del conocimiento científico incluye tareas de formulación y resolución de problemas. Este proceso puede ser transferido al aula (Stewart y Hafner, 1991, Gil Pérez et al., 1982, 1993).

b) Dichas tareas movilizan habilidades de proceso (conocimiento procedimental) y conceptos científicos (conocimiento conceptual) en diferentes «contextos investigativos de aprendizaje» (Cheung y Taylor, 1991). Más específicamente: por un lado, la teoría guía la selección de problemas y los modos de resolución, así como la interpretación de los resultados; por otro, la propia resolución de problemas se convierte en un instrumento de construcción de conocimiento tal como proponen Stewart y Hafner (1991) a través de los conceptos de «revisión de modelo» y «elaboración de modelo» aplicados a la resolución de problemas.

c) La construcción del conocimiento científico es una construcción social que envuelve frecuentemente un trabajo de equipo (Cheung y Taylor, 1991; Gil Pérez, 1993; Watts, 1991). De la misma forma, en el aula, la construcción de conocimiento (conceptual y procedimental) debe tener un carácter social, pudiendo utilizar diversas estrategias para conseguirlo.

Desde un punto de vista más específico, conceptos e ideas de estos y otros estudios que ayudaron a construir el modelo aquí propuesto son:

- la necesidad de que los problemas sean generados a partir de contextos relevantes para los alumnos (Stinner, 1990);

- la evidencia empírica de que la complejidad de las tareas debe ser definida también por su contexto;

- la necesidad de que dicha complejidad sea progresiva (concepto de progresión) y diferenciada (concepto de diferenciación), en la medida en que el conocimiento conceptual y procedimental debe ser revisado para aumentar la precisión (Stinner, 1990; Cheung y Taylor, 1991);

- la necesidad de que la progresión y diferenciación sean controladas de forma adecuada a los objetivos que se pretenden con la tarea (Lock, 1990, 1991);

- la necesidad de que la articulación entre el lenguaje matemático y el físico se haga de forma progresiva (Stinner, 1990).

En términos de comparación, también se han tenido en cuenta varios estudios empíricos y teóricos de educadores médicos sobre sus experiencias de utilización de métodos de enseñanza-aprendizaje más o menos centrados en la resolución de problemas (Barrows, 1991; Loschen, 1991; Sobrinho-Simões, 1991; Rendas et al., 1991).

Por último es conveniente decir que han aparecido varias contribuciones explícitas para construir un modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas. Por ejemplo, Watts (1991) presenta diferentes formas de encuadrar la resolución de problemas en el currículo y defiende que, si está basado en la resolución de problemas, éstos deben ser progresivos desde el punto de vista de los conceptos y capacidades necesarios para su resolución. Esto es, los problemas planteados en el aula requieren, en parte, las capacidades, los conceptos, la ruptura metodológica realizada en la resolución de los problemas anteriores.

También Gil Pérez (1993) presenta un «modelo de enseñanza-aprendizaje por investigación» en el cual los problemas y su resolución ocupan un lugar central. Gil Pérez fundamenta epistemológicamente su modelo y defiende que la investigación sobre el cambio conceptual puede conducir a una enseñanza que pretenda escrutar las ideas de los alumnos para seguir desmontándolas y desacreditándolas. Esto conduce a una inhibición de los alumnos y consecuentemente a un aprendizaje ineficiente. Así propone que se adopte un cambio simultáneamente conceptual y metodológico. El modelo que propone adopta como presupuesto la metáfora del equipo de investigación: el profesor es el líder del equipo de investigación que se encarga de situar a sus colaboradores (alumnos) rápidamente en los problemas verdaderos y en la metodología más conveniente. Gil Pérez refuta la crítica de considerar la enseñanza-aprendizaje que emana de su modelo como aprendizaje por descubrimiento. Este punto es importante porque marca la ruptura, por un lado, con el aprendizaje por descubrimiento y, por otro,

con el cambio conceptual. El modelo que proponemos se sitúa también en esta perspectiva.

Estudios de raíz psicológica sobre EA

La investigación de raíz psicológica tiene básicamente dos puntos de vista sobre la resolución de problemas para el aprendizaje:

- a) el método es más importante que los conceptos;
- b) los conceptos son más importantes que el método.

La primera corriente es generalmente defendida por la investigación fundamentada en la psicología conductista (Polya). La investigación en resolución de problemas fundamentada en esta teoría se ha preocupado de un método heurístico global y recientemente en la investigación de las diferencias entre novatos y especialistas.

La segunda corriente se fundamenta en determinadas teorías cognitivas (Ausubel). En ésta los problemas dejan de tener tanta importancia, pues los conceptos y su construcción ocupan el lugar central. Así, la investigación en RP que está en sintonía con esta teoría cognitiva no asume los problemas como tareas de aprendizaje y los ve sobre todo como momentos de evaluación de la construcción de los conceptos por el sujeto.

Varios psicólogos cognitivistas (Butler, Tavares) que no trabajan en resolución de problemas, han llegado a la conclusión de que el aprendizaje humano, desde el niño hasta el adulto, es esencialmente una actividad de resolución de problemas. La resolución de problemas para estos autores es una actividad de adaptación al medio.

En este sentido, la resolución de problemas es eminentemente una tarea de aprendizaje. Comparemos, pues, algunas ideas de estos psicólogos cognitivistas que están en una tercera vía, pues consideran la actividad de resolver problemas como una actividad simultáneamente cognitiva, afectiva y psicomotora.

Butler (1985a, b, c) presenta su modelo «The teaching/learning process: a unified, interactive model», cuya idea esencial es reconocer que los procesos de resolver problemas y de aprender son esencialmente uno y el mismo.

Tavares (1992), en su libro «A aprendizagem como construção de conhecimento pela via da resolução de problemas e da reflexão», enumera los elementos esenciales para el éxito de los alumnos: la consideración de los sujetos que aprenden en sus componentes física, biológica, psíquica y social; los conocimientos específicos dominados por el sujeto; los procesos utilizados en la enseñanza-aprendizaje, principalmente las tareas escogidas y su estructura; y el clima afectivo-relacional estimulante.

Se ha de notar el papel de la atención en el aprendizaje. La percepción puede ser educada en el sentido de sacar

partido de lo que se oye y ve, para el aprendizaje (Garanderie, 1982). Este aspecto es esencial en un currículo centrado en la resolución de problemas en la medida en que es uno de los primeros pasos para la problematización.

Volviendo a estudios de raíz psicológica más específicos (Cheung y Taylor) se percibe la emergencia de una nueva tendencia de encuadrar la resolución de problemas. Ya no es posible proponer un método heurístico global para la resolución de problemas ni extraer conclusiones sobre el modo en que los especialistas resuelven problemas para después enseñar a los novatos. Pero tampoco se puede ignorar el papel determinante de los problemas para el aprendizaje, en particular para la construcción del conocimiento. Surge así una tercera tendencia defendida por varios psicólogos que afirman que el conocimiento ni es sólo procedimental ni sólo conceptual, sino ambas cosas. Esta tendencia rechaza la idea de que en el fondo se trata de una mezcla de dos conocimientos, pues éstos interfieren entre sí, acabando por ser un conocimiento de otra naturaleza. En esta perspectiva se sitúa el «modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas» que presentamos.

Epistemología de la ciencia y sus implicaciones educativas

Para la fundamentación epistemológica del modelo recurrimos a Dewey, J. y Bachelard, G. quien ha sido muy estudiado en este campo. Estos trabajos constituyen un fundamento para el «modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas».

Intentemos reflexionar sobre las implicaciones pedagógicas de la epistemología de Bachelard para la resolución de problemas. Para Bachelard, plantear un problema es fundamental para avanzar en el conocimiento. Análogamente plantear problemas adecuados, diríamos, es fundamental para aprender. Se puede inferir de Bachelard el sentido de problema adecuado en el contexto de enseñanza centrada en la resolución de problemas: debe ser planteado de tal manera que a los alumnos no les parezca un problema insoluble; por otro lado debe trazar claramente la frontera entre lo conocido y lo no conocido y delimitar su contenido (Bachelard, 1984). Con todo, se debe notar que el proceso de definición de la frontera entre lo conocido y lo no conocido ha de ser hecho por cada alumno (siendo ésta una de las maneras posibles de que cada alumno reformule el problema), teniendo más responsabilidades el profesor en la delimitación del contenido. El propio concepto de problema adecuado debe ser evolutivo en el sentido de que los problemas deben evolucionar hacia una mayor precisión en la formulación y hacia una especialización a medida que el conocimiento científico aumente. Los problemas deben ser sentidos por los alumnos, pues sólo así constituirán un problema para su conocimiento.

Bachelard, al estudiar el obstáculo de la experiencia inicial, plantea la cuestión de la falta de sentido del

problema como consecuencia de dicho obstáculo. Así, dado que es esencial que los alumnos entiendan el problema para que avancen en el conocimiento, es preciso tener conciencia de las manifestaciones de este obstáculo. Uno de ellos es anteponer la experiencia a la crítica, otro aceptar la naturaleza tal como la vemos y sentimos, otro procurar satisfacer la curiosidad buscando fenómenos variados y pintorescos (Bachelard, 1986). Identificadas algunas de las manifestaciones del obstáculo, se ha de hacer el movimiento epistemológico en sentido inverso, esto es, situar una experiencia en un juego múltiple de razones, ejercer sobre ella una crítica coherente a la luz de los conocimientos detentados, educar contra el impulso de la naturaleza, buscando no la variedad sino la variación. Con este esfuerzo surgirán los problemas, no sólo uno sino varios, interrelacionados y con las características indicadas en el párrafo anterior. Los problemas pueden surgir de la observación pero también pueden ser planteados para conducir a la observación. Dicho de otro modo, es hacia esta segunda posibilidad hacia donde se ha de caminar progresivamente.

Parece estar de acuerdo con la epistemología bachelardiana que el aprendiz se debe situar en su conocimiento (ligado al mundo sensorial) para sobrepassarlo, comenzando por ponerlo en duda, racionalizándolo, criticándolo, diversificando hipótesis, precisando razonamientos, procurando la variación, confrontando dialécticamente diferentes hipótesis. De esta actividad mental surgen los problemas y otras actividades de investigación de las que tras su resolución, resultan consecuencias que deben ser analizadas y estudiadas con vista a multiplicar los problemas, variarlos e interrelacionarlos (Bachelard, 1986). En momentos adecuados es necesario efectuar psicósis que resultan del enfrentamiento de las ideas de los alumnos con las nuevas y que servirán para posteriores enfrentamientos dialécticos.

El conocimiento cualitativo es el primer paso para el avance del conocimiento pero, como indica Bachelard (1986), tiene errores a rectificar y por ello tiene que convertirse en cuantitativo. Los problemas con los que los alumnos se enfrenten deben seguir esta cadencia: de amplios se deben transformar cada vez en más restrictivos, precisos, con las fronteras y contenidos cada vez mejor definidos; por otro lado, de cualitativos se deben volver cada vez más cuantitativos; y cada problema debe dar origen a otros cada vez más interesantes, específicos y pertinentes. El profesor tiene un papel importante en la formulación de los problemas pero, aún más en la reproducción de las situaciones a partir de las cuales el alumno formule sus propios problemas. El profesor no debe sólo definir el problema, sino más bien ayudar al alumno a formularlo, a definir las fronteras y los contenidos. En esta progresión surgen los problemas cuantitativos.

Los profesores tienen la sensación de que los alumnos no saben matemáticas y así explican su falta de éxito en los problemas cuantitativos. En cambio Bachelard llama la atención sobre el obstáculo cuantitativo. Existe el peligro de que los alumnos se enreden en fórmulas y números sin saber exactamente lo que hacen. Así son incapaces

de discutir los resultados y de formular problemas pertinentes. Por ello, no conviene comenzar la aventura del conocimiento con un abordaje cuantitativo pues, como dice Bachelard, incluso después de un recorrido normal hasta el conocimiento cuantitativo, fácilmente aparece el obstáculo cuantitativo que es una traba al progreso del conocimiento, ya que no permite la formulación de más problemas pertinentes, motor para el avance del conocimiento.

Para Dewey (1925), el aprendizaje se hace a partir del pensamiento. El problema aparece como un aspecto central para delimitar el objetivo del pensamiento quien conduce el aprendizaje. Así éste se realiza esencialmente a partir de la resolución de problemas. Advierte, sin embargo, que la resolución de problemas se fundamentará en alguna experiencia previa del sujeto que lo vaya a resolver; que es inútil plantear un problema si no existe experiencia previa, pero que ésta puede sugerir caminos y soluciones falsas o incorrectas (1925). La reflexión (aprendizaje) consiste en oponerse a estas sugerencias, invalidándolas o confirmando.

Es evidente que esta idea tiene implicaciones para un modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas:

- considerar la resolución de problemas como algo básico para el aprendizaje;
- la indicación de un criterio para la selección de los problemas planteados;
- la consideración de las experiencias de los alumnos en la resolución de los problemas; y
- el proceso rectificador de las ideas de los alumnos durante la resolución del problema.

Otra idea importante es que un alumno declarado como caso desesperante puede reaccionar si el contexto de los problemas que se plantean es de su interés. «El trabajo escolar podrá dar resultado si se presenta o si se trata de otra manera, con otro método. Un alumno flojo en geometría resuelve fácilmente los problemas considerados difíciles al convertirlos en concretos mediante el trabajo manual» (1925). Para Dewey es siempre posible, excepto casos raros de defectos físicos o dolencias incapacitantes, aprender cualquier cuestión si es presentada y abordada de manera adecuada a los intereses y capacidades del sujeto que aprende. En cualquier caso, la educación se hace a través de la resolución de problemas (1925). Dewey denuncia que los «procesos escolares conducen generalmente al alumno a no hacer más que un abordaje superficial de los problemas más importantes, un simple y servil esfuerzo de memoria» (idem).

A pesar de que sólo se hayan abordado dos autores, juzgamos que su pensamiento es significativo para situar los problemas y su resolución en el centro del aprendizaje y como guía.

DESCRIPCIÓN DEL MODELO

Presentación del modelo

¿Qué es la enseñanza-aprendizaje centrada en la resolución de problemas?

Es un proceso interactivo entre profesor, alumnos, contextos problemáticos y tareas, que sin poner en segundo plano los conceptos, las experiencias y el lenguaje, parte de los contextos problemáticos, las tareas-problema y los problemas para la construcción del «conocimiento conceptual y procedimental» (Cheung y Taylor, 1991).

El «modelo de EA centrado en la RP» es una manera de organizar la enseñanza-aprendizaje con vista a una mejora del aprendizaje, permitiendo a los profesores bosquejar estrategias adaptadas a las unidades didácticas. Está caracterizado por los siguientes aspectos:

- a) La enseñanza y aprendizaje están centrados en la resolución de problemas (pudiendo asumir en ciertas fases la forma de «tareas-problema»).
- b) Todo el proceso en el aula se inicia explorando y cuestionando «contextos problemáticos».
- c) Los conceptos se identifican, maduran, operacionalizan, desarrollan y formalizan de manera progresiva.
- d) Los problemas y tareas-problema tienen diferentes características y finalidades, y se usan en distintos momentos de la enseñanza-aprendizaje.

La estructura de la presentación del «modelo de EA centrado en la RP» consta de los siguientes aspectos:

- conceptos-clave (y su definición),
- principios orientadores del «modelo»,
- estructura global del «modelo» y sus etapas,
- preparación del profesor para implementar el «modelo de EA centrado en la RP».

Presentación y definición de los conceptos-clave

Contexto problemático: Clima creado en el aula (actitudes del profesor y alumnos, trabajos, experiencias, materiales, etc.) a partir de situaciones reales (familiares o no) conocidas y del agrado de los alumnos, que se cuestionan y relacionan con otras semejantes, se envuelven afectivamente, se desarrollan actividades de indagación, de confirmación o de invalidación. Este clima se destina a explorar conceptos, formular cuestiones, problemas o tareas-problema.

Tareas-problema: Conjunto de actividades articuladas entre sí, surgido de un contexto-problemático con el fin de resolver una dificultad, obtener, ampliar o perfeccionar relaciones operacionales (o no) entre conceptos y

adquirir y perfeccionar capacidades cognitivas, afectivas y psicomotoras.

Problema: Enunciado que aparece a partir de un contexto problemático con el propósito de resolver dificultades o necesidades específicas de conocimiento conceptual y procedimental y desarrollar capacidades cognitivas y afectivas.

Lenguaje cualitativo: Lenguaje caracterizado por ser descriptivo, sugestivo, tener aspectos lógicos y extralógicos (Stinner, 1990).

Lenguaje cuantitativo: Lenguaje caracterizado por establecer relaciones precisas entre magnitudes y conceptos (ibid.).

Lenguaje formal: Lenguaje caracterizada por referirse a un modelo o teoría físico-matemática (Stewart y Hafner, 1991).

Los siguientes términos se refieren a las diferentes fases de construcción del conocimiento:

Identificación de conceptos: Se reconoce la existencia de nuevos conceptos con contornos todavía indefinidos.

Maduración de conceptos: Se reconocen los atributos esenciales y los no esenciales de un concepto y se distinguen ejemplos de no-ejemplos (Silva y Silva, 1988).

Operacionalización de conceptos: Las relaciones entre conceptos son externas y operacionales (Cachapuz, 1990).

Desarrollo de conceptos: El sentido original de un concepto gana nuevos significados y la red de relaciones se amplía (Silva y Silva, 1988).

Formalización de conceptos: La red de relaciones es interna y está bastante ampliada e integrada en una teoría consciente y consistente.

Principios orientadores del modelo

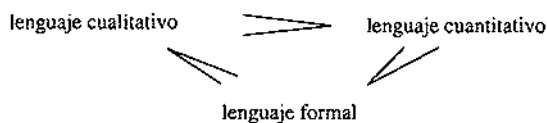
Este modelo tiene cuatro principios orientadores que deben estar presentes en la enseñanza-aprendizaje inspirada en él: el principio de los lenguajes, el principio de la contextualización, el principio de la problematización y finalmente el principio del crecimiento de los conceptos.

Principio de los lenguajes

No es indiferente el tipo y la secuencia de lenguajes usados para desarrollar y construir adecuadamente los conceptos.

El modelo prevé el uso de tres tipos de lenguaje para el abordaje de los conceptos: cualitativo, cuantitativo y formal (punto 3.2).

Figura 1
Lenguajes del modelo.



Al abordar cualquier concepto debe hacerse en los tres tipos de lenguaje. De ahí que el uso de los lenguajes sea cíclico tal como indica la figura 1. Con todo, al repetirse el ciclo, siempre que se aborden conceptos diferentes es deseable que el énfasis en un tipo de lenguaje sea adecuado al estado de crecimiento de los conceptos.

El abordaje empleado en las primeras etapas del «modelo» debe ser cualitativo para permitir el «romance» de los alumnos con los contenidos y la maduración de los conceptos sin los cuales no se deben introducir los lenguajes cuantitativo y formal (Stinner, 1990).

Principio de contextualización

Todo conocimiento conceptual y procedimental se debe construir a partir de y en contextos problemáticos. Así, los problemas tienen dos consecuencias importantes (Stinner, 1990): casi todos los problemas pueden ser generados naturalmente y el algoritmo está siempre ligado al conocimiento de la procedencia de las fórmulas.

Esta contextualización es importante porque los profesores, en general, se quejan de que los alumnos dominan

mal los requisitos matemáticos necesarios para la resolución de los problemas (Garrett et al., 1990).

El contexto problemático permite, en las primeras tres etapas del «modelo», la fase de romance por la que todos los conocimientos deben pasar. En las siguientes, el papel del contexto problemático es más específico, ya que:

a) es percibido de manera diferente por los alumnos (Cheung y Taylor, 1991) pudiendo producir dificultades si sólo se usase uno;

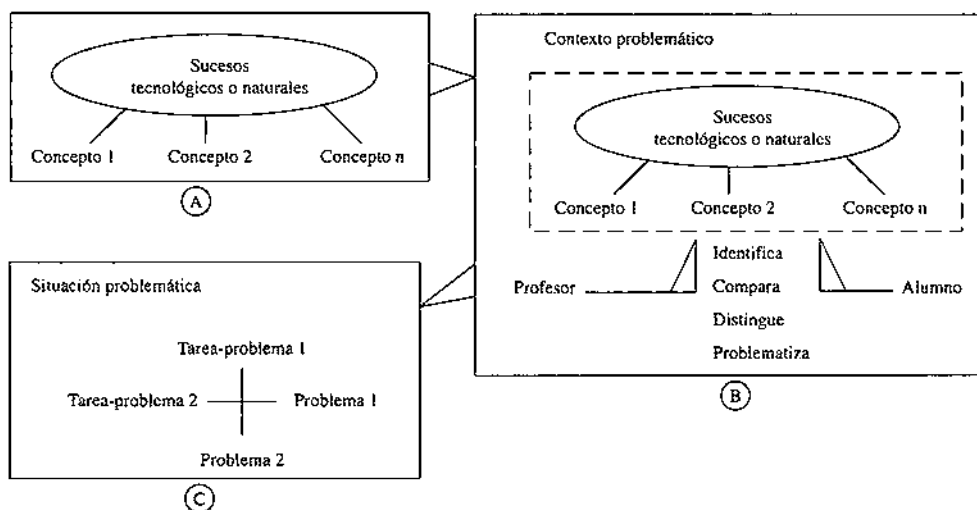
b) su diversidad genera más fácilmente conceptualizaciones, cuando los conceptos usados en diferentes contextos comienzan a desprenderse de éstos; además existen alumnos más eficientes en un contexto académico y abstracto que en uno real, y viceversa (Song y Balck, 1991);

c) para alcanzar contextos abstractos y amplios, posibles sólo en lenguaje formal, es necesaria la madurez de los conceptos de los alumnos (Stinner, 1990);

d) es también necesario crear retenciones y rutinas, según la terminología del modelo de enseñanza-aprendizaje de Butler.

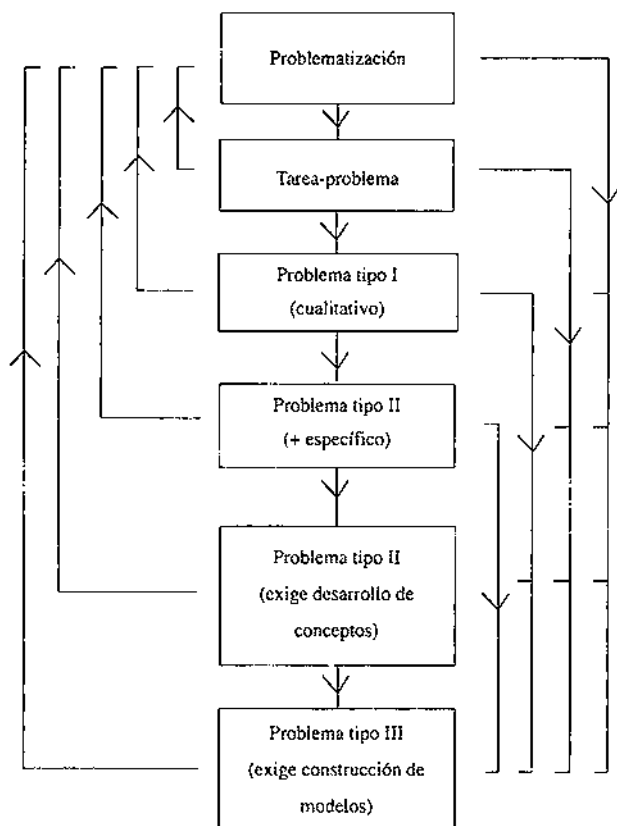
En la figura 2 se encuentra un esquema que ilustra una de las maneras de crear un contexto problemático. A partir de acontecimientos naturales o tecnológicos (A) donde es posible explorar varios conceptos, el profesor y los alumnos crean, en un ambiente lo más natural posible, el contexto problemático (B) que originará una red de tareas-problema y problemas (C) que permitirán el crecimiento del conocimiento conceptual y procedimental.

Figura 2
Creación de contextos y situaciones problemáticas.



Nótese que la elección de los contextos es determinante, ya que permite abordar o no todos los conceptos de una unidad y así reducir a un ciclo de enseñanza-aprendizaje todo lo que se ha de abordar en una unidad.

Figura 3
Relaciones entre los diferentes tipos de problema.



Principio de la problematización

1. De acuerdo con el «modelo de EA centrado en la RP», el conocimiento se contruye a partir de tareas-problema y problemas.

Para que tal cosa sea posible, el modelo propone la problematización como procedimiento sistemático de las realidades que nos rodean, sean acontecimientos, hechos naturales o realizaciones tecnológicas.

La problematización debe incidir también en los conocimientos construidos.

Por consiguiente, la problematización hecha a partir de un contexto problemático originará una red de tareas-problema y problemas de diferentes «tipos» que permitirá el crecimiento del conocimiento conceptual y procedimental (Fig. 3).

2. Los problemas deben tener características diferentes de acuerdo con la fase de crecimiento de conceptos en la que los alumnos se encuentren. Deben ser progresivos en complejidad, desde el pensamiento intuitivo hacia el formal.

3. Los diferentes «tipos» de problemas (Fig. 3) deben estar encadenados entre sí, precedidos de una problematización y deben conducir a problemas que exijan construcción de modelos.

Principio de crecimiento de los conceptos

Los conceptos tienen un complejo proceso de crecimiento desde la identificación hasta la formulación. Dicho crecimiento se da en seis dimensiones: tiempo, identificación, maduración, operacionalización, desarrollo y formalización. El crecimiento de los conceptos es helicoidal como se puede ver en la figura 4, y cada una de sus dimensiones crece con el tiempo.

El crecimiento de los conceptos es un proceso interno y este principio no lo pretende ilustrar. De todos modos, la enseñanza-aprendizaje creada se debe acompasar teniendo en cuenta las fases progresivas de crecimiento de los conceptos, las cuales deben ser revisitadas.

El proceso de creación de la situación problemática es adecuado para la identificación y maduración de los conceptos. Las tareas-problema son indicadas para la operacionalización de los conceptos. Los problemas son adecuados para el desarrollo y formalización de los conceptos, leyes, principios y modelos científicos, separando lo ratificado de lo caduco, lo esencial de lo accesorio (Santos, 1991).

La figura 4 nos muestra que las situaciones problemáticas pueden evidenciar diferentes estados de identificación y maduración de los conceptos. Del mismo modo, las tareas-problema y problemas deben evidenciar diferentes estados de operacionalización y formalización conceptual, respectivamente.

Estructura global del «modelo»

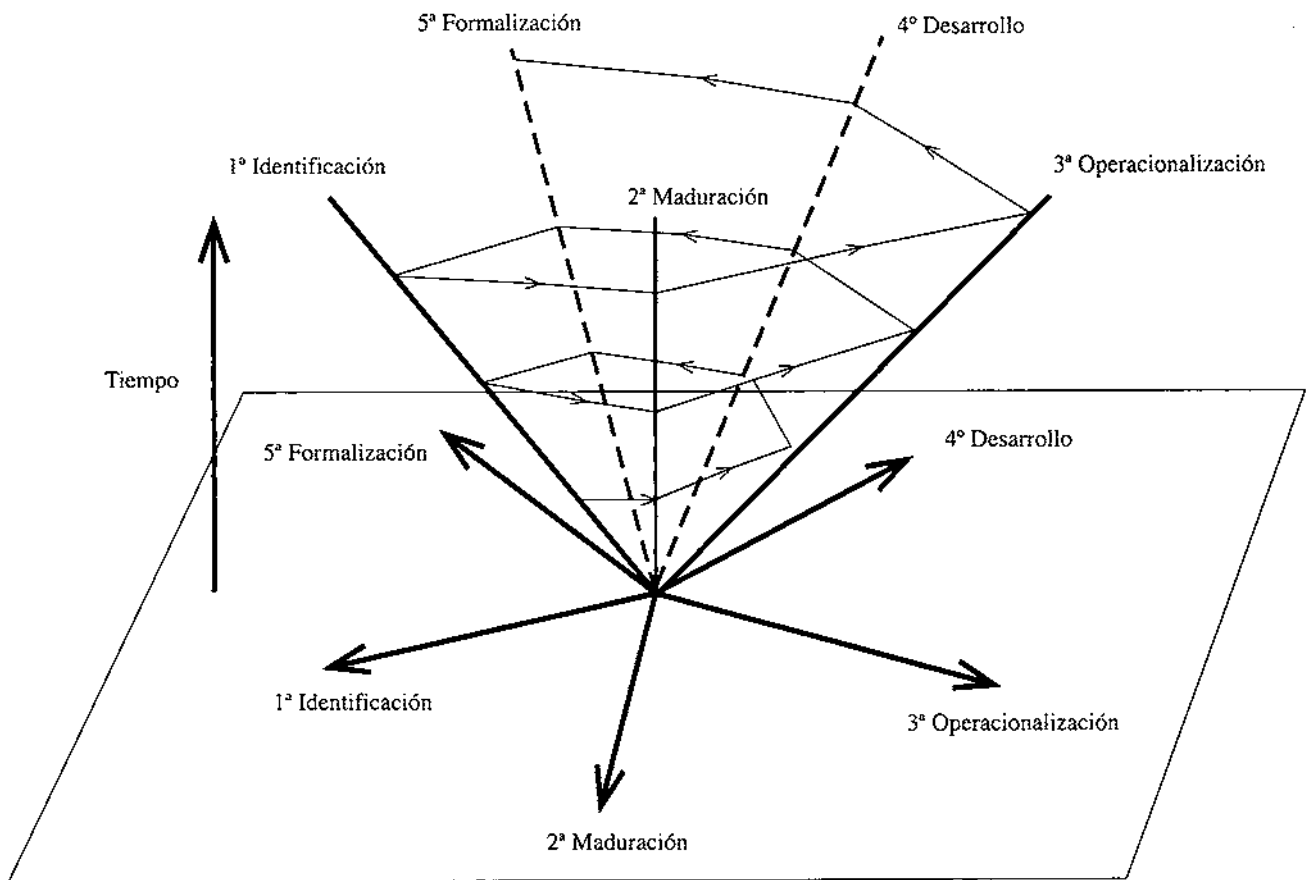
El «modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas» vincula los cuatro principios orientadores integrada y consistentemente (Fig. 5).

Como se puede ver por la figura 5, el «modelo» se organiza por etapas. El abordaje de cada conjunto de conceptos debe recorrer las cinco etapas propuestas por el «modelo». El número de ciclos se debe repetir hasta que todos los conceptos de una unidad sean abordados.

Realcemos los aspectos que eventualmente no hayan quedado claros en los principios orientadores:

a) los conceptos abordados en el contexto problemático 1 vuelven a ser abordados en el contexto problemático 2;

Figura 4
Fases de crecimiento de los conceptos y de su relación con el tiempo.



b) en todo el modelo, el conocimiento procedimental está al mismo nivel que el conocimiento conceptual;

c) la forma de organizar el trabajo debe ser variada y primar el trabajo de grupo, dado que varios autores lo han defendido porque aumenta el índice de comunicación entre los alumnos y éste hace aumentar el éxito (Ross y Raphael, 1990);

d) en las 1ª, 2ª y 3ª etapas, el abordaje debe ser cualitativo;

e) la evaluación debe ser formativa y utilizar técnicas adecuadas a la enseñanza-aprendizaje propuesta.

Etapas del modelo

Abordaje cualitativo

1ª etapa

A. Presentación de la situación del mundo real o no, dirigida a la visión y audición de los alumnos (Garanderie, 1982), y reconstruible siempre que sea necesario.

Dar la posibilidad a los alumnos, sobre todo en términos de tiempo, de aprender a ver, oír, tocar y sentir la situación presentada a fin de que construyan antes el conocimiento (Santos, 1991), representando mentalmente en forma de imágenes visuales y auditivas lo que hayan visto y oído (Garanderie, 1982).

B. Identificar y explorar los diversos conceptos implicados en la situación antes de iniciar la problematización (Stinner, 1990).

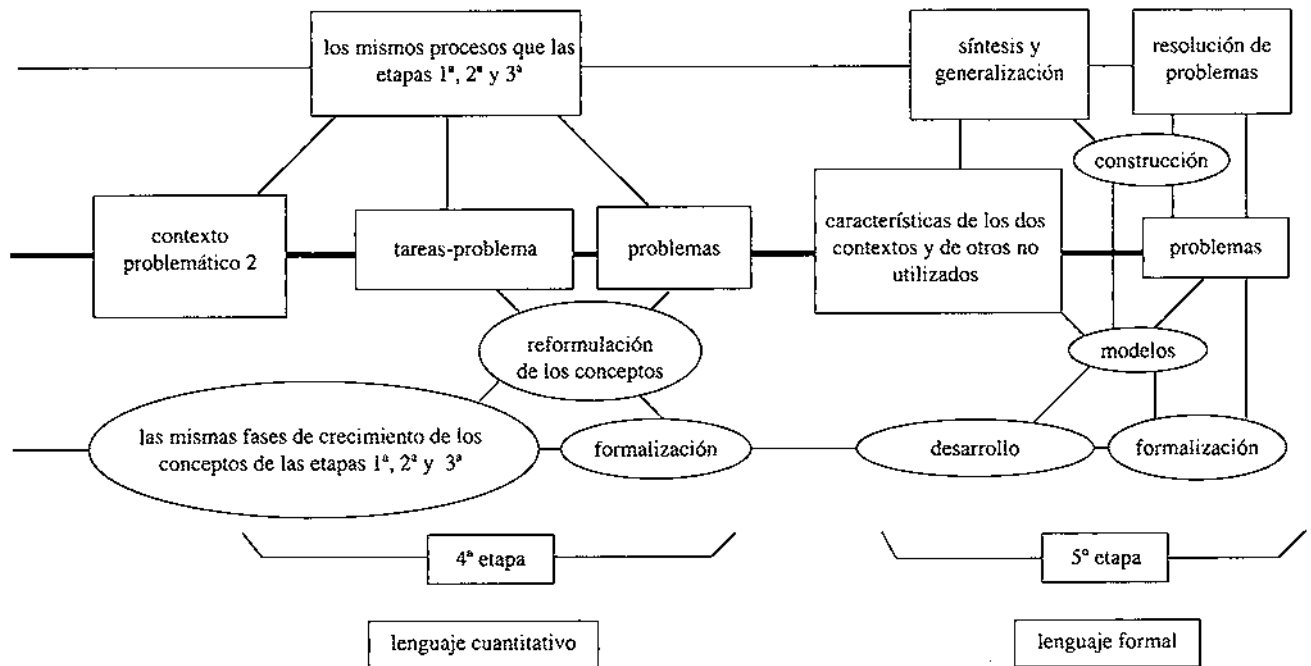
C. Problematizar la situación, que consiste en identificar problemas (y simplificarlos), hacer conjeturas, establecer relaciones provisionales entre conceptos y formular hipótesis (Gil Pérez et al., 1990; 143). Es en esta fase donde se comienza a construir el contexto problemático. En ella es importante la discusión y debe permitir que:

a) se formulen tareas-problema 1 y 2 y posiblemente problemas de tipo I y II con claridad;

b) para cada tarea-problema se formulen hipótesis con rigor a fin de ser puestas a prueba cuando se ejecuten dichas tareas (idem);

Figura 5 (cont.)

4ª y 5ª etapas de un ciclo del «modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas».



especiales o con lo que se obtiene por otros métodos de resolución (Gil Pérez et al., 1990), dicho de otra manera: analizar el resultado verificando si las hipótesis están de acuerdo con las condiciones límite (Garrett et al., 1990).

C. Reformulación de las representaciones de los alumnos en base a los conceptos, principios o leyes aprendidos y procesos utilizados, para permitir el éxito de la fase siguiente.

D. Consolidación del aprendizaje construyendo un cuerpo de conocimientos (Stewart et al., 1991) a partir de lo que se aprendió en la conceptualización, resolución de problemas y reformulaciones de las representaciones, elaborando modelos que podrán ser reformulados en otras etapas (ídem).

E. Resolver otros problemas a partir del mismo contexto (siguiendo las fases B, C y D).

4ª etapa (abordaje cuantitativo)

Nota explicativa

A partir de la 4ª etapa, inclusive, se utilizará el lenguaje cuantitativo, que incorporará progresivamente el lenguaje matemático, plenamente utilizado en la 5ª etapa. Se notará que, para el éxito de esta introducción, los

conceptos deben de estar suficientemente maduros (Stinner, 1990). Así las relaciones entre ellos van ganando precisión con el lenguaje cuantitativo (ídem), siendo posible la generalización (ídem) que tendrá lugar en la 5ª etapa.

A. Construcción, en el aula, de un nuevo contexto problemático siguiendo las fases A, B y C de la 1ª etapa.

El contexto problemático a partir del cual se formulan las tareas-problema 2 y los problemas de tipo II debe ser todavía del mundo real, pero no necesariamente familiar.

En las tareas de investigación, las variables deben tener mayor complejidad (intermedia entre el contexto problemático 1 y el contexto creado a partir de las características de los contextos 1 y 2 (Fig. 5); esto es, ser derivadas, continuas e interactivas (Cheung y Taylor, 1991).

B. Recorrer las etapas 2ª y 3ª usando el lenguaje cuantitativo en la operacionalización conceptual y aumentando así la precisión (Cheung y Taylor, 1991, pp. 28-29).

El desarrollo y la formalización de los conceptos se hace a partir de la operacionalización de la 2ª etapa, del desarrollo de la 3ª etapa. Aquellas fases del crecimiento de los conceptos deben ser abordadas con problemas del tipo II (Fig. 3), que exigen un tratamiento cuantitativo lo

más simplificado posible y la construcción y reformulación de un modelo físico (Stewart et al., 1991).

La reformulación se debe hacer a partir de los modelos utilizados por los alumnos, convirtiéndolos en más complejos y útiles; esto es, describiendo, explicando y prediciendo (Stewart et al., 1991) los fenómenos, de forma que se haga mejor y más reflexivamente la evaluación (Cheung y Taylor, 1991).

La consolidación de lo aprendido se debe hacer a partir de la conceptualización y de la reformulación teniendo en cuenta el aumento y desarrollo de los conocimientos conceptuales y procedimentales de los alumnos (Stewart et al., 1991).

5ª etapa (abordaje con lenguaje formal)

A. Construcción en el aula del contexto amplio (Stinner, 1990) consistente en la presentación de rasgos comunes a múltiples contextos, incluidos los contextos problemáticos 1 y 2. Es, por tanto, un contexto sin existencia real, pero es una construcción y por ello es abstracto, general. Así, es de naturaleza diferente de los dos presentados anteriormente. Debe englobar los rasgos generales de los contextos presentados y que sea posible a partir de él explorar estos conceptos e incluso otros no abordados, pero relacionados con éstos.

La problematización (en el sentido indicado en C de la 1ª etapa) de las rasgos comunes a los contextos problemáticos 1 y 2 debe permitir conjeturar nuevas relaciones entre los conceptos ya abordados y de éstos con otros todavía no abordados a fin de formular hipótesis con precisión, así como el planteamiento de los problemas que deberían ser resueltos.

B. Hacer referencia explícita a los modelos utilizados en la construcción del propio contexto amplio, así como a las leyes y principios que serán usados en la resolución de los problemas, de forma general y no para problemas concretos.

C. Resolución de problemas (generalmente del tipo III), surgidos del contexto amplio, usando variables más complejas, razonamiento abstracto, apreciación cuantitativa y métodos científicos sistemáticamente (Cheung y Taylor, 1991) y recorriendo (aunque no secuencialmente) las etapas preconizadas por Garrett y otros (1990) (véase B de la 3ª etapa).

D. Reformulación final de las representaciones de los alumnos confrontándolas con las leyes, principios y modelos científicos, distinguiendo lo sancionado de lo caduco (Santos, 1991).

E. Síntesis y generalización de los conceptos adquiridos y de los procesos utilizados a fin de posibilitar la transposición de mecanismos cognitivos a otras situaciones (Tavares, 1988). En esta fase se debe hacer un análisis de los modelos más potentes que sea posible utilizar en cuanto a su uso y limitaciones, así como en cuanto a la

posibilidad de usar un modelo en una situación y otro modelo diferente para condiciones diferentes, siempre que faciliten el análisis (Stewart y Hafner, 1991). Deberán ser reconstruidos los modelos a utilizar en otras situaciones (Tavares, 1988).

6ª etapa

Comienzo de las mismas etapas para otros conceptos y otros contextos, hasta agotarse los conceptos a desarrollar en una unidad.

En los ciclos siguientes, las conceptualizaciones se deberán hacer teniendo en cuenta los modelos utilizados, las leyes y principios aprendidos y los conceptos desarrollados.

IMPLICACIONES EDUCATIVAS Y SUGERENCIAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

Este modelo no es simple, a pesar de que sus principios orientadores sean fácilmente comprensibles. Ha sido experimentado por algunos profesores en Portugal y lo que resulta del estudio de su implementación es alentador a pesar de que decepcione a quien haya pensado en su inmediata aplicación en el aula (Lopes et al., 1993c).

La materialización de los principios orientadores en la organización, ejecución y evaluación de las tareas implica que el profesor prepare algún material específico o lo tenga a su disposición y lo sepa usar. Implica además que el profesor tome diversas decisiones antes de entrar en el aula y que tenga preparada una cierta manera de obrar con el material y con los alumnos.

Este trabajo previo no se puede hacer antes de un trabajo de formación de profesores con alguna profundidad y que sobrepase ciertas fases críticas de dicho proceso de formación. No desarrollaremos esta cuestión, pero es necesario recordarla para no crear falsas expectativas.

Implicaciones educativas

La primera reacción de los profesores ante el modelo es reconocer que han de cambiar su práctica docente (Lopes et al., 1993c). Muchos autores, por ejemplo Gil Pérez, han defendido el cambio de práctica docente, en particular en lo que se refiere a la resolución de problemas.

Enumerando algunas implicaciones educativas de este modelo podemos citar dos:

Una se refiere a la formación de profesores. El propio concepto de formación de profesores debe ser modificado, pues tiene por finalidad la alteración de la manera de

pensar y de hacer de los profesores. Así, dicha formación presupone no sólo una discusión teórica sobre modelos de EA sino también una actuación reflejada en la práctica.

La otra se refiere a la enseñanza-aprendizaje. La preocupación central deja de ser el «dominio» de los conceptos, incluso si ha habido cambio conceptual en los alumnos, para serlo la producción, ampliación y reformulación de conocimiento conceptual y procedimental. En resumen, podríamos decir que la enseñanza-aprendizaje debería tener una componente mucho más fuerte de problematización y, por otro lado, los problemas y tareas-problema han de ser diferenciados e interrelacionados con la fase de crecimiento conceptual en que se encuentran los alumnos.

Sugerencias para investigaciones futuras

Como hemos dicho, el modelo puede suscitar muchos interrogantes y algunos aspectos necesitan ser investigados. Enumeramos algunos:

a) Adecuación de las estrategias generadas a partir del modelo a los procesos internos de aprendizaje. Este estudio comienza a ser hecho por el primer autor en el ámbito de sus trabajos de doctorado.

b) Potencialidad de generar estrategias adecuadas a las realidades del aula. Este estudio está siendo hecho en el ámbito del proyecto GIRP/FQ sito en la Universidad de Aveiro.

c) Eficacia de los procesos de EA generados en la construcción de conocimientos y desarrollo de capacidades. Este estudio será hecho también en el ámbito del proyecto GIRP/FQ.

NOTA

En el apéndice se encuentra un ejemplo de aplicación del modelo en el aula.

Traducción de Víctor M. Álvarez Pérez.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRANTES, P. (1988a). *Viagem de Ida e volta*. Lisboa: Associação de profesores de Matemática.
- ABRANTES, P. (1988b). Um (bom) problema (não) é (só) ..., 8 (4º trimestre), pp. 7-10.
- ADIGWE, J. (1991). Problem solving processes of pre-service chemistry teachers in Nigeria. *Research in Science and Technological Education*, 9(1), pp. 93-104.
- BACHELARD, G. (1934). *O novo espírito científico*. (Trad. cast. Ribeiro, A.P.). Lisboa: Edições 70.
- BACHELARD, G. (1971). *A Epistemologia*. Lisboa: Edições 70.
- BACHELARD, G. (1986). *La formation de l'esprit scientifique* (13a. ed.). París: PUF.
- BARROWS, H. (1991). Cognitive Apprenticeship (Problem-based Learning). *Educação Médica*, 2(2), pp. 5-13.
- BUTLER, F. (1985). The Teaching/Learning Process: a unified interactive model (part one). *Educational Technology*, September, pp. 9-17.
- BUTLER, F. (1985). The Teaching/Learning Process: a unified interactive model (part two). *Educational Technology*, October, pp. 7-17.
- BUTLER, F. (1985). The Teaching/Learning Process: a unified interactive model (part three). *Educational Technology*, November, pp. 7-17.
- CACHAPUZ, A.F. (1990). *Apontamentos de aulas da cadeira de Seminário de Especialização do Mestrado em Supervisão*. Aveiro.
- CARPENTER, T. (1987). Teaching as Problem Solving. *Comunicación presentada a la «Conference on Teaching and Evaluation of Problem Solving»*, pp. 1-32. San Diego.
- CHARLES, R. y LESTER, F. (1986). *Mathematical problem-solving*. Sprinthouse. Learning Institute.
- CHEUNG, K. y TAYLOR, R. (1991). Towards a humanistic constructivist model of science learning: changing perspectives and research implications. *J. Curriculum Studies*, 23(1), pp. 21-40.
- CRUZ, N. (1989). *Utilização de estratégias metacognitivas no desenvolvimento da capacidade de resolver problemas - um estudo com alunos de F/Q do 10º ano*. Tesis de maestría. Universidad de Lisboa.
- DEWEY, J. (1925). *Comment nous pensons*. (Trad. cast. Decroly). París: Enest Flammarion, Editeur.
- DUMAS-CARRÉ, A. y GOFFARD, M. (1993). Des activités de résolution de problèmes pour l'apprentissage. *Les Sciences de l'Éducation*, 4-5, pp. 9-32.
- FERNANDES, D. (1988). Aspectos Metacognitivos na resolução de problemas em Matemática. *Texto del autor*. ESE Viana do Castelo.

- FERNANDES, D. (1991). Resolução de problemas e avaliação. *Actas de 2º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino*. Aveiro, pp. 275-286. Universidad de Aveiro.
- GARANDERIE, A. (1982). *Pedagogia dos Processos de Aprendizagem*. Rio Tinto: Edições Asa.
- GARRETT, R.M. (1986). Problem-Solving in Science Education. *Studies in Sci. Educ.*, 13, pp. 70-95.
- GARRETT, R.M. (1987). Issues in Science Education: problem-solving creativity and originality. *Int. J. Sci. Educ.*, Vol. 9(2), pp. 125-137.
- GARRETT, R.M., SATTERLY, D., GIL PÉREZ, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1990). Turning exercises into problems; an experimental study with teachers in training. *Int. J. Sci. Educ.*, 12(1), pp. 1-12.
- GIL PÉREZ, D. (1987). Criterios para el análisis didáctico de la Resolución de Problemas. *Texto guía para un Taller realizado en el I Encontro sobre Educação em Ciências*. Braga, 27 a 30 de mayo.
- GIL PÉREZ, D. (1987). Aportación del Problem Solving al Aprendizaje Significativo de las Ciencias. *Actas del I Encontro sobre Educação Em Ciências*, pp. 23-34. Braga, 27 a 30 de Mayo.
- GIL PÉREZ, D. (1992a). Las concepciones docentes sobre la naturaleza del trabajo científico: obstáculos a superar. Taller realizado en Aveiro en el ámbito do Projecto Mutare.
- GIL PÉREZ, D. (1992b). *Contribución de la historia y filosofía de las ciencias a la transformación de la enseñanza de las ciencias*. Comunicación presentada en la «International Conference on History of the Physical-Mathematical Sciences and Teaching of Sciences».
- GIL PÉREZ, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 197-212.
- GIL PÉREZ, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1982). *Un modelo de resolución de problemas acorde con la metodología científica*. Comunicación I Jornadas de investigación didáctica de F.Q. ICE. Universidad de Valencia.
- GIL PÉREZ, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1982b). La resolución de problemas: análisis de su didáctica. *Comunicación I Jornadas de investigación didáctica de F.Q. ICE*. Universidad de Valencia.
- GIL PÉREZ, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. y SENENT PÉREZ, F. (1988). El fracaso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 131-146.
- GIL PÉREZ, D., DUMAS CARRÉ, A., CAILLOT, M. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1990). Problem solving in the physical sciences as a research activity. *Studies in Sci. Educ.*, 18, pp. 137-151.
- GIL PÉREZ, D., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., RAMÍREZ, J.C., DUMAS CARRÉ, A., GOFFARD, M. y CARVALHO, A. (1992). Questionando a didáctica de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. *Caderno Cat. Ensino de Física*, 9(1), pp. 7-19.
- JOSHUA, S. y DUPIN, J. (1991). In Physics class, exercises can also cause problems... *Int. J. Sci. Educ.*, 13(3), pp. 291-301.
- KEMPA, R. y AYOB, A. (1991). Learning interactions in group work in Science. *Int. J. Sci. Educ.*, 13(3), pp. 341-354.
- KILPATRICK, J. (1991). Algumas questões na avaliação da resolução de problemas em matemática. Avaliação uma questão a enfrentar. *Actas do Seminário sobre avaliação*, pp. 61-68. Lisboa: A.P.M.
- KRAMERS-PALS, H. y PILOT, A. (1988). Solving quantitative problems: guidelines for teaching derived from research. *Int. J. Sci. Educ.*, 10(5), pp. 511-521.
- LANG DE SILVEIRA, F., MOREIRA, M.A. y AXT, R. (1992). Habilidad en preguntas conceptuales y en resolución de problemas de Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), pp. 58-62.
- LEAL, L. y ABRANTES, P. (1991). Avaliação de aprendizagem / Avaliação na aprendizagem. Avaliação uma questão a enfrentar. *Actas do Seminário sobre avaliação*, pp. 69-81. Lisboa: A.P.M.
- LICHT, P. (1989). The evaluation of an educational strategy for teaching of concepts in the domain of electricity. *Revista Portuguesa de Educação*, 2(3), pp. 29-43.
- LOCK, R. (1990). Open-ended, problem-solving, investigations - What do we mean and can we use them? *School Science Revue*, 71(256), pp. 63-72.
- LOCK, R. (1991). Open-ended, problem-solving, investigations - getting started. *School Science Revue*, 72(261), pp. 67-73.
- LOPES, J.B. (1992). Modelo de ensino-aprendizagem de Física centrado na resolução de problemas. *Poster presentado en Física-92 - 8ª Conferência Nacional de Física e 2º Encontro Ibérico para o ensino de Física*. Libro de resúmenes, pp. 611-612.
- LOPES, J.B. y COSTA, N. (1993a). *Modelo de ensino-aprendizagem de Física centrado na resolução de problemas: conceitos chave, princípios e estrutura global*. Comunicación presentada en el Simposium «Novas Perspectivas no Ensino das Ciências e da Matemáticas». Libro de Resúmenes, pp. 17. Lisboa.
- LOPES, J.B. y COSTA, N. (1993b). Modelo de ensino-aprendizagem centrado na resolução de problemas: apresentação e discussão da sua operacionalidade. *Poster presentado en el «IV Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas»*. Barcelona.
- LOPES, J.B. y COSTA, N. (1993c). *A formação de professores de Física com base num modelo de ensino-aprendizagem centrado na resolução de problemas*. Comunicación presentada en el «IV Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias y de las matemáticas». Barcelona.
- LOSCHEN, E. (1991). Problem Based Learning Curriculum: an alternative curriculum for the Basic Sciences. *Educação Médica*, 2(2), pp. 14-20.
- MARTINS, A. (1991). Inovações na educação científica e tecnológica, Modelos Curriculares. 1ª parte. *Gazeta de Física*, 14(1), pp. 13-21.
- MARTINS, A. (1991). Inovações na educação científica e tecnológica, Modelos Curriculares. 2ª parte. *Gazeta de Física*, 14(2), pp. 46-60.
- MILLIES, H. (1991). Problems and projects from astronomy. *Physics Education*, 26, pp. 367-373.
- ORANGE, C. y ORANGE, D. (1993). Problèmes de rupture, problèmes normaux et apprentissage em Biologie-Geologie. *Les Sciences de l'Education*, 4-5, pp. 51-69.

- PEDUZZI, L. (1987). Solução de problemas e conceitos intuitivos. *Cad. Cat. Ens. Física*, 4(1), pp. 17-24.
- PESTEL, B. (1993). Teaching Problem Solving without Modeling Through «Thinking aloud Pair Problem Solving». *Science Education*, 77(1), pp. 83-94.
- PIZZINI, E. y SHEPARDSON, D. (1992). A comparison of the Classroom Dynamics of a Problem-Solving and Traditional Laboratory Model of Instruction Using Path Analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(3), pp. 243-258.
- POLYA, G. (1945). *How to solve it*, 2a. ed. New Jersey: Princeton University Press.
- POMÉS RUIZ, J. (1991). La metodología de resolución de problemas y el desarrollo cognitivo: un punto de vista postpiagetiano. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), pp. 78-82.
- PONTE, J. (1991). Resolução de problemas: da Matemática às aplicações. *Actas del 2º Encontro Nacional de didáctica e Metodologias de Ensino*, pp. 287-296. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- PONTE, J. (1993). Decisões fundamentais na organização duma actividade de resolução de problemas. *Texto guía. Curso de Especialização em Ensino da Matemática*. Departamento de Educação da Fac. Ciências de Lisboa.
- REEVE, R., POLINESAR, A. y BROWN, A. (1987). Everyday and academic thinking: implications for learning and problem solving. *J. Curriculum Studies*, 19(2), pp. 123-133.
- RENDAS, B., FERREIRA, G., FRADIQUE, A., GAMBOA, T., CARMO, M., NEUPARTH, N., PEREIRA, C., RAMALHO, V., RIBEIRO, I. y BOTELHO, M. (1991). Aplicação do método de aprendizagem baseada na análise de problemas ao ensino da fisiopatologia. *Educação Médica*, 2(2), pp. 29-40.
- ROBERTSON, W. (1990). Communication and problem solving achievement in cooperative learning groups. *Journal Curriculum Studies*, 22(2), pp. 149-164.
- ROTH, W. (1990). Short-Term Memory and Problem Solving in Physical Science. *School Science and Mathematics*, 90(4), pp. 271-282.
- ROTH, W. (1991). Open-ended Inquiry - How to beat the cookbook blahs. *Science Teacher*, April, pp. 40-47.
- SANTOS, E. (1991). *Mudança Conceptual na sala de aula*. Lisboa: Livros Horizonte.
- SCIENCE EDUCATION. (1992). A Summary of Research in Science Education, 76(3).
- SCHOENFELD, A. (1982). Measures of problem-solving performance and of problem-solving instruction. *Journal for Research in Mathematics Education*, 13(1), pp. 31-49.
- SIGÜENZA, A. y SÁEZ, M. (1990). Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), pp. 63-72.
- SILVA, J.M. y SILVA, O.M. (1988). Ensino e Aprendizagem de conceitos. *Actas del 1º Encontro Nacional de Didácticas de Metodologias de Ensino*, pp. 217-244. Aveiro.
- SMITH, M. (1992). Expertise and the organization of knowledge: unexpected differences among genetic counselors faculty and students on problem categorization tasks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), pp. 179-205.
- SMITH, M. y SIMS, O. (1992). Cognitive Development, Genetics Problem Solving, and Genetics Instruction: a critical review. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(7), pp. 701-713.
- SOBRINHO-SIMÕES, M. (1991). Aplicação do método da aprendizagem baseada na análise de problemas em Anatomia Patológica. Relato de uma experiência. *Educação Médica*, 2(2), pp. 21-28.
- SONG, J. y BLACK, P. (1991). The effects of task contexts on pupils' performance in science process skills. *Int. J. Sci. Educ.*, 13(1), pp. 49-58.
- STEWART, J. y HAFNER, R. (1991). Extending the conception of «problem» in problem-solving research. *Science Education*, 75(1), pp. 105-120.
- STINNER, A. (1990). Philosophy, thought experiments and large context problems in the secondary school physics course. *Int. J. Sci. Educ.*, 12(3), pp. 244-257.
- SWAIN, J. (1991). The nature and assessment of scientific explorations in the classroom. *School Science Review*, 72(260), pp. 65-77.
- TAVARES, J. y ALARCÃO, I. (1985). *Psicologia do desenvolvimento e da aprendizagem*. Coimbra: Livraria Almedina.
- TAVARES, J. (1988). O modelo de ensino-aprendizagem segundo C. Butler e as suas implicações didácticas. *Actas del 1º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino*, pp. 1-13. Aveiro.
- TAVARES, J. (1992). *A aprendizagem como construção de conhecimento pela via da resolução de problemas e de reflexão*. Aveiro: CIDInE. Centro de Investigação, Difusão e Intervenção Educacional.
- THOMAZ, M.F. (1990). Um modelo construtivista para a formação de professores. *Desenvolvimento, Aprendizagem, Currículo e Supervisão* (ed. J. Tavares e A. Moreira), pp. 165-177.
- VALENTE, M.O., NETO, A. y VALENTE, M. (1989). Resolução de problemas em Física - necessidade de uma ruptura com a didáctica tradicional. *Gazeta de Física*, Vol. 12(2). pp. 70-77.
- WATTS, D.M. y GILBERT, J.K. (1989). The «new learning»: Research, development and the reform of school science education. *Studies in Science Education*, 16, pp. 75-121.
- WATTS, M. (1991). *The science of problem-solving - A practical guide for science teachers*. Londres: Cassell.

[Artículo recibido en marzo de 1994 y aceptado en noviembre de 1994.]

APÉNDICE

Problemas formulados a partir de la noticia «Naufragio increíble en Olhao» registrada en el diario portugués «Público».

A título de ejemplo presentamos varios tipos de problemas formulados a partir de una noticia, que permiten abordar y precisar los conceptos de fuerza, peso, impulso, presión, energía, trabajo, rendimiento, fuerza de rozamiento, etc. en el 3r. ciclo de la enseñanza básica (13-15 años), y desarrollar varias capacidades.

Los problemas se plantean a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje de acuerdo con el estado de madurez del conocimiento conceptual y procedimental.

Los problemas son uno de los aspectos que pueden emerger de la implementación del modelo en el aula. El proceso sugerido por el modelo es más complejo porque remite a actividades orientadas por el profesor, que sólo se pueden describir a través de observaciones en el aula.

Naufragio increíble en Olhao

Un naufragio increíble ocurrió el viernes pasado en la dársena de abrigo del puerto de Olhao, al hundirse el arrastrero «Peludo», que se encontraba atracado en el muelle, preparado para partir hacia aguas marroquíes. La embarcación, de 20 m de eslora, capacidad para 30 toneladas y una tripulación de ocho hombres, había sido abastecida de provisiones y combustible para un viaje lejos de la costa portuguesa, cuando, en ausencia del patrón y el motorista, comenzó a hundirse y a derramar aceite al mar, «produciendo a su alrededor una gran mancha» según un testigo. Las autoridades marítimas han dicho, sin embargo, que la situación ha sido controlada, que no hay peligro de contaminación de la ría Formosa y que se podrá sacar el barco del lugar del hundimiento en uno o dos días.

1. Tareas-problema 1 (cualitativas).

1.1. Representa, en sección transversal, el arrastrero «Peludo». Indica dónde está la sala de máquinas, los depósitos de combustible, la tripulación, las zonas de carga. Trata de averiguar la forma de la quilla y las dimensiones del arrastrero.

1.2. Obtén información sobre las partes inmersas y emergentes del barco para diferentes cargas, la cantidad de combustible almacenado, el rendimiento del motor.

2. Problemas tipo 1 (cualitativos).

2.1. ¿Por qué razón el barco comenzó a hundirse? (Apunta causas posibles, coherentes con la información dada.)

2.2. ¿Hay algunas semejanzas y diferencias entre los dos fenómenos indicados en la noticia? (El aceite derramado en el agua permanece en la superficie de ésta, si no dejase entrar agua, el barco permanecería también en la superficie.) Descríbelas.

2.3. ¿En qué forma depende la cantidad de combustible empleado del rendimiento del motor, la carga, el recorrido efectuado y las corrientes marinas?

3. Tareas-problema 2 (cuantitativas).

3.1. Estudia experimentalmente en qué condiciones un barco hecho de hierro (¡más denso que el agua!) puede transportar carga, flotando en el agua.

Sugerencias:

... ¿Qué fuerzas actúan sobre un barco y cuáles son sus puntos de aplicación?

– Coloca una caja paralelepípeda, de área conocida, en la superficie del agua. Añádele masas marcadas en diferentes posiciones.

– Haz previsiones antes de ejecutar la experiencia.

– Saca conclusiones.

3.2. Planifica una experiencia para medir el impulso en el agua de tres cuerpos diferentes en cuatro situaciones:

a) cuerpo totalmente inmerso que caiga al fondo del recipiente;

b) cuerpo totalmente inmerso que permanezca en reposo en el interior del agua;

c) cuerpo parcialmente inmerso flotando en la superficie;

d) cuerpo parcialmente inmerso flotando en la superficie, pero en el que el volumen sumergido es inferior al necesario para flotar libremente.

Sugerencias:

- Usa un dinamómetro, mide el volumen de los materiales y su masa.
- Haz previsiones antes de ejecutar la experiencia.
- Sacar conclusiones.

3.3. La energía necesaria para desplazar un barco, en reposo en el agua, a velocidad de crucero depende de la fuerza de rozamiento y de la distancia recorrida.

Planifica una experiencia para verificar de qué modo la energía necesaria depende de estos factores.

Sugerencias:

- Simula un barco.
- Haz previsiones en cuanto a la dependencia de la energía con la fuerza de rozamiento y distancia recorrida.
- Piensa en la siguiente pregunta: ¿La fuerza de rozamiento es responsable del movimiento del barco? En caso negativo, ¿cuál es?; ¿cuál es su relación con la fuerza de rozamiento?
- Verifica si la fuerza de rozamiento depende de la carga del barco y en qué modo.
- Sacar conclusiones.

4. Problemas tipo II (cuantitativo).

4.1. ¿Qué cantidad de agua podría soportar el barco sin hundirse completamente?

4.2. ¿Qué cantidad de energía se desaprovecha en un recorrido de 30 km cuando el barco transporta su carga máxima?

Sugerencia:

Consulta las informaciones obtenidas en todos los problemas resueltos.

NOTA

Los problemas tipo III no aparecen debido a que el ejemplo presentado se destina al 3r. ciclo de la enseñanza básica.

