

### **3. DE LAS ACTIVIDADES A LAS SITUACIONES PROBLEMÁTICAS EN LOS DISTINTOS MODELOS DIDÁCTICOS.**

Desde un punto de vista histórico, las ciencias son unas recién llegadas al aula. Si examinamos la escuela de la Grecia Clásica, de Roma o de los monasterios medievales vemos que estaban presentes la retórica, la poética, la aritmética, la filosofía o la lengua clásica, pero no lo que hoy conocemos como *Ciencias*. Ésta quedaba para los estudios de medicina, astronomía o farmacia, estudios superiores, reservados a unos pocos que ya habían adquirido los conocimientos más básicos. Sólo a partir del siglo XVIII la biología, la química y la física experimentan un notable crecimiento que aconseja su incorporación a los estudios no universitarios, camino que seguiría después la geología. Se forma, de esta manera, una tradición y una cultura escolar que ha pervivido a lo largo del tiempo.

El aula es tradicionalmente el centro de la enseñanza. La pizarra, en sus diversas formas, es el soporte de la escritura y el profesor tiene la palabra; quedan así establecidas las principales vías de comunicación entre profesores y alumnos, por las que circulan las leyes y reglas, conceptos y definiciones que cada disciplina atesora.

Según esta tradición escolar, el conocimiento se acumula de generación en generación, aportado por los grandes autores y la escuela va transmitiendo lo que los nuevos estudiantes debe conocer. La instrucción pasa por el conocimiento de las *autoridades*, voces del pasado u honrosos contemporáneos, que separan lo correcto de lo incorrecto con sus argumentos o erudición. La resonancia de su voz en el aula permite a las nuevas generaciones acercarse a su saber, indiscutible y perdurable.

Sin embargo, el desarrollo del pensamiento científico que acompaña al racionalismo potencia una vía de generación de conocimiento, el método científico, que se contrapone al método de autores. Esta vía ya existía, pero no era aceptada por la comunidad escolar y erudita; Galileo pudo comprobarlo.

Este desarrollo histórico, base de la cultura escolar y de las tradiciones más sólidas de la enseñanza, parece haber tenido curiosas y duraderas consecuencias para la enseñanza de las ciencias.

La tradición de la enseñanza en el aula es muy anterior al método científico, que se convierte en un incómodo añadido que el profesor debe asumir. Como suele ocurrir en un sistema social de gran inercia, la escuela y la universidad absorben la entrada de novedades, modificándolas y adaptándolas a su manera: las ciencias se continúan enseñando en el aula bajo los mismos esquemas de leyes y conceptos que las demás disciplinas. Se añade parte del nuevo elemento: el laboratorio, en el que se trabajan los aspectos manuales y los métodos de la ciencia.

Parece nacer así un sistema intrínsecamente contradictorio, que caracteriza la enseñanza de las ciencias. Mientras la ciencia se genera mediante unos métodos que integran trabajo conceptual y manual, medición y abstracción, sistemática, paciencia e imaginación, la enseñanza de la ciencia separa el trabajo experimental del laboratorio y el trabajo intelectual del aula.

### **3.1 UNA NUEVA SÍNTESIS**

El proceso de separación en campos cada vez más especializados que ha sufrido la ciencia está siendo puesto en cuestión desde hace dos décadas. La formación de grupos interdisciplinarios se ha convertido en un método de trabajo habitual en las universidades punteras y se va abriendo paso una mentalidad globalizadora en contra del "saber más y más sobre menos y menos, hasta saberlo todo sobre nada". Hoy, las pintadas de las paredes dicen "piensa global y actúa local".

Este proceso social también afecta a la enseñanza de la ciencia, en la que la interdisciplinariedad, la globalización, la integración se abren paso como alternativas a las disciplinas clásicas. La unión de *la teoría y la práctica*, el acercamiento del pensamiento científico a las situaciones cotidianas, ocupan cada vez más espacio entre las publicaciones didácticas.

Una parte del profesorado de ciencias se está lanzando a lograr una nueva síntesis de teoría y práctica, de trabajo en el aula y de trabajo en el laboratorio que supere las contradicciones a que lleva su separación, con el fin de trasladar al aula el método de trabajo científico, la duda sistemática, el análisis, la generación de hipótesis y la contrastación con la realidad.

### 3.2 DE LAS ACTIVIDADES A LAS SITUACIONES PROBLEMÁTICAS

Las situaciones científicas y las situaciones cotidianas estarán más o menos alejadas, dependiendo de los planteamientos docentes bajo los que se examinen. Pero, si la educación debe prepararnos para enfrentarnos a la realidad, en algún momento del proceso de aprendizaje se hace necesario establecer un nexo entre ambos niveles. Este nexo entre el mundo conceptual científico y el entorno de cada día se establece en la escuela mediante puestas en situación, más o menos realistas, en las que se busca que el alumno aplique u obtenga conocimientos científicos abstractos.

Estas situaciones, en sus diversas variedades, se denominarán ejercicios, problemas de lápiz y papel, prácticas, experiencias de laboratorio, trabajos prácticos, pequeñas investigaciones, problemas abiertos, etc. Se diferenciarán unas de otras, entre otras cosas, en el mayor o menor grado de reproducción controlada de la realidad y en el sentido que toma la situación de aprendizaje: desde los conceptos científicos hacia el mundo real o viceversa.

En los últimos años van abriéndose paso planteamientos que integran estas diferentes situaciones de aprendizaje, a las que, en lo sucesivo denominaremos **situaciones problemáticas**. Con ellas está surgiendo una nueva metodología, la *enseñanza mediante la resolución de situaciones problemáticas*, poco formalizada aún, pero de gran potencial didáctico.

En este trabajo pretendemos analizar la forma en que diferentes puntos de vista didácticos determinan la utilización de todas las variantes, mencionadas anteriormente, de ejercicios, problemas, prácticas, investigaciones, etc.; es decir, de **situaciones problemáticas** en general, para establecer vínculos entre los conceptos y los métodos de trabajo científico. Este análisis nos permitirá caracterizar prácticas didácticas reconocibles en nuestros centros de enseñanza, a veces contradictorias, pero que coexisten en ausencia de un debate y análisis sobre sus bondades y carencias.

### 3.3 ¿QUÉ ES UNA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA?

Ante cualquier situación que se nos presenta en la vida diaria nos pueden

ocurrir dos cosas: que conozcamos el mecanismo para solucionarla o que no sepamos qué hacer. En el primer caso, aplicaremos los pasos necesarios para resolver la situación haciendo uso de nuestra memoria. En el segundo, tendremos que buscar la solución mediante muchas más destrezas intelectuales: análisis, síntesis, memoria, búsqueda y clasificación de la información, etc.

Este planteamiento, núcleo central de los análisis de varios autores (Garret, Gil, Furió, Porlán, etc.), supone que diferentes personas estarán en uno u otro caso según su experiencia. Supone también que la resolución que adopte cada una será diferente y los caminos serán múltiples.

En el aula ocurre exactamente lo mismo. La reacción de un alumno ante una situación planteada por el profesor depende de que conozca o no previamente el mecanismo de resolución.

En ciertas situaciones, el alumno tiene ya respuestas satisfactorias de acuerdo a algún modelo de solución, presentado anteriormente por el profesor en clase como "solución-tipo". En este caso el alumno debe reconocer la situación planteada y resolverla mediante la solución-tipo conocida. Estamos ante lo que denominaremos **ejercicio** o, en su versión de trabajo experimental, **práctica**.

En una forma más avanzada tenemos los problemas de lápiz y papel, junto a las experiencias de laboratorio. O, incluso, situaciones más abiertas, como pequeñas investigaciones frente a trabajos prácticos (tanto documentales como experimentales) de mayor alcance. Una apertura todavía mayor nos lleva al problema abierto.

En ocasiones, se plantea una situación nueva, para la que no se dispone de una solución inmediata o reconocible, con lo que se crea una situación de incertidumbre que exige procesos más complicados, laboriosos y dilatados en el tiempo para encontrar una solución. Incluso puede ocurrir que no exista una solución definida, sino varias soluciones, soluciones de compromiso o ausencia de solución. Estamos ante un **problema abierto**. Dentro de los problemas podemos encontrarnos, incluso, con que la búsqueda de la solución tiene cierto carácter de investigación formal, que incluye no solo aspectos experimentales (como la emisión de hipótesis, búsqueda de estrategias de resolución, diseño de experimentos o análisis de resultados), sino que se incluyen aspectos sociales como el trabajo colectivo en el que un grupo busca soluciones, o aspectos psicológicos

como la aceptación del problema por el individuo como un compromiso personal.

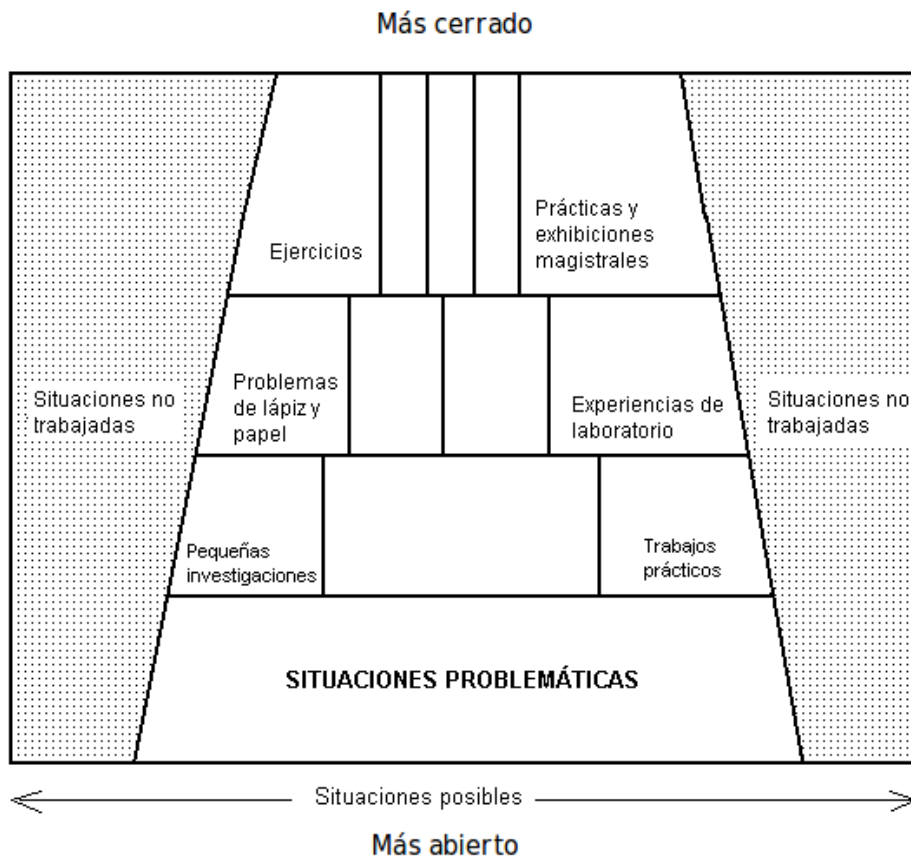


Figura 1. Convergencia de situaciones problemáticas

Como se muestra en la Figura 1, las diferentes modalidades de situaciones problemáticas se sitúan en el camino hacia la "convergencia de situaciones problemáticas", produciéndose a lo largo de éste una convergencia entre teoría y práctica que nos lleva hacia los problemas abiertos.

Para no basar todo el análisis en planteamientos abstractos, es conveniente presentar una **situación problemática** y varias soluciones posibles que ilustren su diversidad.

### 3.4 EL CASO DEL BARÓMETRO

Las diferentes concepciones sobre cómo resolver una situación supone que, ante un mismo enunciado, aparezcan múltiples enfoques (Anuario Santillana, 1974). Tal es el caso que se dio cuando en una estación de meteorología se creó una plaza de ayudante y, a tal efecto, se convocó una oposición mediante examen escrito. El tribunal planteó, al efecto, un único ejercicio, cuyo texto fue el siguiente:

***Si disponemos de un barómetro de mercurio, explicar detalladamente cómo podemos utilizarlo para medir la altura de un edificio.***

Tras estudiar las respuestas, el tribunal quedó en la disyuntiva de decidir entre varias opciones de solución que los aspirantes propusieron y que se exponen a continuación:

#### **Opositor n.º 23**

Subimos hasta la azotea del edificio y, cuidadosamente, dejamos caer el barómetro sin velocidad inicial, midiendo el tiempo que tarda en llegar hasta la calle. Con ello, podemos decir que:

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

#### **Opositor n.º 45**

Tomamos el barómetro y lo colgamos de una cuerda de longitud conocida  $L$ . Haciéndolo oscilar en la base del edificio y en la azotea del edificio obtendremos dos períodos de oscilación  $T_1$  y  $T_2$  respectivamente.

De este modo:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_1}} \quad T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_2}}$$

Aplicando Gravitación Universal:

$$g_1 = G \frac{M}{d_1^2} \quad d_1^2 = \frac{GM}{g_1} = \frac{GM T_1^2}{4 \pi^2 L}$$

Dado que  $d$  es la distancia al centro de la Tierra en cada caso, la diferencia de ambas es la altura del edificio, y así:

$$d_1 - d_2 = \sqrt{\frac{GMT_2^2}{4 \pi^2 L}} - \sqrt{\frac{GMT_1^2}{4 \pi^2 L}} = \sqrt{\frac{GM}{4 \pi^2 L}} (T_2 - T_1)$$

### Opositor n.º 87

Tendremos en cuenta que la variación de la presión de un gas en reposo con la altura es:

$$\log\left(\frac{p}{p_0}\right) = -\frac{p m_{gas} g}{RT} h$$

Por tanto, midiendo la presión atmosférica en la base del edificio y en lo más alto del edificio podremos sustituir en la ecuación y despejar la altura  $h$ .

### Opositor n.º 132

Puesto el barómetro sobre el suelo verticalmente y conocida su longitud  $L$ , medimos la longitud de su sombra  $l_b$ . Si medimos la longitud de la sombra del edificio  $l_{ed}$ , tenemos que por el Teorema de Tales:

$$\frac{L}{l_b} = \frac{h}{l_{ed}}$$

### Opositor n.º 157

Apoyando el barómetro en el suelo junto a la pared del edificio, se traza una marca en ella a la altura del extremo superior del barómetro. Tras ello, apoyamos el barómetro a la altura de la marca de la pared y repetimos la operación. Continuando hasta llegar a lo alto del edificio tendremos que, si  $L$  es la longitud del barómetro:

$$h = (\text{número de marcas}) \cdot L$$

**Opositor n.º 183**

Se ata el barómetro al extremo de una cuerda y se descuelga por la azotea hasta que toque el suelo. A continuación se mide la longitud de la cuerda, que corresponde a la altura del edificio.

**Opositor n.º 202**

Lo más práctico es coger el barómetro, ir a la oficina del administrador del edificio y decirle:

*“Mire Usted, le regalo este precioso barómetro de mercurio para su despacho, si me dice cuál es la altura del edificio.”*

Analizando el texto del problema y las soluciones aportadas, ¿podemos, justificadamente, asignar la plaza a uno de los opositores?



### 3.5 SITUACIONES PROBLEMÁTICAS Y MODELOS DIDÁCTICOS

Cuando se plantea una **situación problemática** hay un aspecto que se muestra como punto de partida: el enunciado, la descripción del fenómeno sobre el que se pretende trabajar. Aparentemente, el tipo de situaciones que se pueden plantear y la forma de hacerlo es muy limitada, lo que lleva a cierta uniformidad en la presentación escrita de ejercicios, problemas y prácticas.

Pero esta presentación tiene detrás muchas intenciones que diferencian las distintas formas de hacer este tipo de "tarea docente". La resolución que se dé depende del "modelo didáctico" por el que se opte, emergiendo las diferentes concepciones de la Ciencia, de la escuela y del mundo real que tienen los profesores y los alumnos. Es decir, aparecen diversas formas de ver una misma situación.

Los modelos didácticos son una aproximación a la realidad, un esquema mediador entre la realidad y el pensamiento, una estructura en torno a la que se organiza el conocimiento y que tendrá siempre un carácter provisional y aproximativo a la realidad (Gimeno, 1981). En la realidad nunca se encuentran modelos puros, por lo que la comprensión de los casos reales se ha de hacer mediante el solapamiento de dos o más modelos teóricos.

El modelo didáctico es un recurso para el desarrollo técnico y la fundamentación científica de la enseñanza, que intenta evitar que continúe siendo "una forma empírica y particular" alejada de cualquier formalización (Martínez Santos, 1986).

La caracterización de un modelo didáctico supone conocer los principales aspectos asociados al pensamiento docente y a la práctica educativa. Estos aspectos afectan más directamente a la teoría educativa (concepciones sobre el conocimiento científico, concepciones sociológicas y concepciones psicológicas del aprendizaje) y a la práctica docente (concepciones metodológicas, concepciones sobre la planificación de la enseñanza, concepciones sobre la formación y el perfeccionamiento docente y concepciones sobre la evaluación).

Para examinar los planteamientos docentes que subyacen detrás de las diferentes concepciones didácticas, vamos a utilizar los modelos didácticos que hemos descrito en un trabajo anterior (Fernández y Elórtegui, 1996) aplicándolos a las diferentes

modalidades de situación problemática que utiliza cada uno. Ello nos permitirá esclarecer cómo se entienden éstas desde cada modelo didáctico y esquematizarlas según diferentes pautas de actuación. Los modelos didácticos descritos por diferentes autores los agrupamos bajo las siguientes denominaciones:

- a. TRANSMISOR, tradicional, "de siempre", transmisor-receptor.
- b. TECNOLÓGICO, técnico, cientificista, tecnocrático, eficaz, tecnicista, transmisor-estructurado.
- c. ARTESANO, humanista, activista, practicista, artista.
- d. DESCUBRIDOR, de descubrimiento, investigativo.
- e. CONSTRUCTOR, constructivista, de elaboración, crítico, elaborador, reflexivo, investigador en el aula.

En una primera aproximación podemos describir las siguientes concepciones de **situación problemática**.

MODELO	¿QUÉ SE ENTIENDE POR SITUACIÓN PROBLEMÁTICA?
<b>Transmisor</b>	Dificultad teórica que se resuelve utilizando uno o varios algoritmos.
<b>Tecnológico</b>	Dificultad teórica o práctica que se resuelve utilizando algoritmos o experiencias de laboratorio.
<b>Artesano</b>	Dificultad que se resuelve aplicando estrategias no formalizadas, espontáneas o "caseras".
<b>Descubridor</b>	Dificultad que se resuelve a partir de actividades de investigación libre o dirigida.
<b>Constructor</b>	Dificultad que se resuelve de forma múltiple, de acuerdo a las variables y diseño establecidos por el alumno.

Un análisis más profundo de cada concepción requiere definir una serie de preguntas-indicadores que nos permitan diferenciar las pautas de actuación de cada modelo:

- ¿Qué es lo que el profesor desea que suceda al plantear la situación?
- ¿Cuál es su concepción de *la solución*?
- ¿Qué instrucciones e información da?
- ¿Cómo pretende que reaccionen los alumnos?
- ¿Cuáles son las destrezas que pretende desarrollar en sus alumnos?
- ¿Cómo es la modelización que se hace del fenómeno estudiado, la abstracción que se hace de la realidad (ideas, procedimientos, valoraciones, etc.)?
- ¿Qué procedimientos o algoritmos utiliza para buscar la solución?
- ¿Qué uso hace de los resultados?

Pasamos, pues, a examinar los planteamientos hacia la **resolución de situaciones problemáticas** desde diferentes modelos didácticos.

### **Transmisor (tradicional, de siempre)**

En este modelo, el profesor pone en acción actividades en las que trabaja ampliamente la resolución de ejercicios con un enunciado cerrado, con hincapié en los algoritmos y aplicación de modelos matemáticos.

El ejercicio es la traducción numérica y de cálculo cuantitativo de algún aspecto teórico, en el que la operatividad sobre magnitudes, sistemas de unidades, y cálculos de cierta complejidad matemática, son la base de trabajo. Estos son considerados terminológicamente con la denominación de problemas, porque intentan con su redacción presentarse como las dificultades reales de la vida diaria, reservándose la concepción de "ejercicio" para algo más trivial, de cálculo inmediato.

En clase, habitualmente, se resuelven problemas cerrados, con los datos justos y necesarios para las preguntas numéricas (que son obvias una vez conocida la teoría), siendo el resultado único y de valor calculable. Su dominio se consigue a través de la resolución de ciertos "ejercicios-tipo". Lo que el profesor quiere que los alumnos hagan

**es que sigan las instrucciones del algoritmo** correspondiente al ejercicio en que se describió la solución de la situación.

En general, en este modelo se carece de parte experimental y, en caso de existir, predomina la demostración magistral con una gran carga de aprendizaje técnico o la comprobación de lo visto previamente en una explicación de la teoría. Hay una fuerte separación entre teoría y práctica.

El trabajo experimental es una reproducción controlada de la situación que sirve para **corroborar que las leyes de la Naturaleza se cumplen**.

El trabajo de laboratorio es secundario, porque lo principal es el cuerpo teórico, por lo que el laboratorio debe ser complemento interesante de lo que se va estudiando en la teoría, para que el alumno pueda comprobar experimentalmente la validez de algunas leyes estudiadas previamente, y conozca a título de ejemplo cómo opera la Ciencia en el laboratorio. Con observar (o practicar) el método alguna vez, se consigue tener una idea de cómo opera la Ciencia.

Es muy frecuente la "Experiencia de Cátedra" como medio de mostrar el cumplimiento de las leyes, bien utilizando material de precisión, bien apoyándose en la superior destreza en el laboratorio del profesor. En ambos casos se busca evitar imprevistos que lleven a que el resultado no se aproxime a la ley que rige el fenómeno. En el caso de realizarse prácticas de laboratorio, éstas suelen ser impartidas por otro profesor (considerado auxiliar o con menos experiencia) y, frecuentemente, están alejadas en el tiempo del estudio de la teoría correspondiente. Esto permitirá que se domine la teoría antes de entrar al laboratorio y llevar a cabo un plan de prácticas que posibilite su uso organizado y la preparación previa de los montajes experimentales.

El ejercicio se concibe como una versión simple de un problema y éste suele implicar varios conceptos teóricos y su traducción numérica. El trabajo práctico es algo diferente y en otro contexto: el laboratorio, donde se hacen experimentos de observación y, posiblemente, se obtienen datos que correlacionar.

El planteamiento de dificultades, de situaciones de difícil solución, problemáticas, suele evitarse porque "no tienen solución".

## MODELO TRANSMISOR

Problemas de lápiz y papel	Experiencias de laboratorio	Trabajos prácticos	Pequeñas investigaciones	Problemas abiertos
Centran la actividad del alumno. Se plantean como actividades de aplicación o comprobación de conocimientos fundamentalmente conceptuales.	Son secundarias. Ilustran algunos fenómenos ya estudiados, pero consumen mucho tiempo. Suelen salir mal y entonces despistan más que aprovechan. Suelen ser experiencias de cátedra.	Únicamente realizables con alumnos punteros que tengan una fuerte base teórica detrás.	Se pueden hacer en la Universidad pero no en la Enseñanza Secundaria y menos en la Primaria. La investigación exige una elevada formación que difícilmente se alcanza en la Enseñanza Secundaria y no se puede investigar antes.	la Ciencia no estudia problemas abiertos. Sólo delimitando al máximo un problema, éste es abordable.

### Tecnológico (técnico, científicista, tecnocrático, eficaz, tecnicista)

Según este planteamiento, la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias debe enmarcarse en tres campos: **el teórico, los problemas numéricos y las prácticas de laboratorio**. Esta separación permite estructurar con más facilidad la docencia y utilizar métodos de trabajo específicos para cada campo.

La resolución de ejercicios es entendida como trabajos de cálculo con solución cerrada. A los alumnos se les prepara para convertir la situación en un modelo matemático y para saber obtener un resultado numérico. A veces se introducen algunos ejercicios problemáticos de resultado desconocido, pero que tienen solución bajo condiciones supuestas.

Frecuentemente, los ejercicios numéricos se presentan como problemas que se suelen agrupar en colecciones para cada tema, las "hojas de problemas", que incluyen, a veces, el resultado para que el alumno pueda comprobar si alcanza la solución deseada.

De cara al trabajo experimental se enseña el método científico de Observación, Hipótesis, Experimentación y Teoría, buscándose dominar este método en todos sus pasos como culminación de la formación científica. Para ello se considera que se debe comenzar el aprendizaje por la adquisición de destrezas manuales típicas del laboratorio y por el dominio de métodos de trabajo ya comprobados que se suministran al alumno en forma de guiones de prácticas.

Se acometen con gran intensidad las prácticas de laboratorio, que están orientadas por un material específico. Son prácticas comprobatorias de algunas situaciones de lo que se enseña en la teoría. Se va del aula al laboratorio. Estas prácticas están estructuradas en guiones descriptivos del procedimiento, empleando recetas pormenorizadas.

### MODELO TECNOLÓGICO

Problemas de lápiz y papel	Experiencias de laboratorio	Trabajos prácticos	Pequeñas investigaciones	Problemas abiertos
<p>Juegan un importante papel en el aprendizaje.</p> <p>Se plantean como actividades de aplicación o comprobación de conocimientos conceptuales o procedimentales.</p> <p>Son ejercicios de cálculo con solución cerrada.</p>	<p>Se plantean fundamentalmente como actividades de comprobación.</p> <p>Suelen ser actividades cerradas, que responden a un guión previamente establecido que los alumnos llevan a la práctica.</p> <p>En ocasiones, estas experiencias constituyen un fin en sí mismas.</p>	<p>No están al alcance de todos los alumnos.</p> <p>Permiten poco control del aprendizaje por parte del profesor y el adecuado diseño de la enseñanza, por lo que rebaja la calidad.</p> <p>Sólo es posible con grupos muy pequeños y disponiendo de mucho tiempo.</p>	<p>Están fuera del alcance de los alumnos de Educación Primaria y Secundaria.</p> <p>En todo caso, se podrían medir valores de constantes físicas de materiales, mediciones rutinarias.</p>	<p>Un problema abierto no es resoluble sin un modelo que lo sustente y lo convierta en un problema bien definido.</p> <p>Un problema que no tiene solución definida o que tiene múltiples soluciones es una pérdida de tiempo.</p>

Estos guiones de prácticas suelen ser muy detallados para que haya la

máxima probabilidad de que salgan bien y suelen incluir unos cuestionarios adecuados que dirijan al alumno al objetivo: reconocer y comprobar en la práctica la ley que rige el fenómeno. Una práctica que no sale bien, es decir, que no se adapta a la formalización aceptada, frustra al alumno y al profesor y siembra la duda sobre lo estudiado en la teoría.

El trabajo de laboratorio debe suministrar a los alumnos datos y observaciones objetivas suficientes como para poder comprobar, a partir de ellas, las leyes que las rigen. Es una reproducción controlada para contrastar los datos técnicos y experimentales.

### **Artesano (humanista, activista, practicista)**

En esta concepción didáctica se pierde la nitidez de la separación entre la teoría y la práctica, reduciéndose también la importancia que se da a la resolución de ejercicios numéricos.

Estos profesores se han planteado que lo más importante es el trabajo en el medio, la toma de contacto con la realidad, la actividad, el trabajo práctico en clase, el trabajo de laboratorio, las experiencias y experimentos, la salida al campo, la educación medio ambiental, etc.

El supuesto de este planteamiento es de concepción "positivista", del carácter práctico del aprendizaje. **Se aprende haciendo**. Se tiene la convicción de que la realización de actividades produce aprendizaje porque desarrolla destrezas que permiten resolver otras situaciones.

La concepción de las actividades es de tipo muy abierto y sin secuencia alguna. Junto a las explicaciones del profesor se intercalan actividades o recíprocamente. Cuando éstas son experiencias de laboratorio el profesor pretende (con los alumnos que están a su alrededor) seguir un método empírico-inductivo.

El trabajo práctico tiene un cierto toque empirista y se intercala continuamente con la explicación, para apoyarla e ilustrarla. Es frecuente que, ante una duda de los alumnos o una división de opiniones sobre cómo suceden las cosas, se improvise un montaje que muestre una situación de la que inducir una conclusión más general. Se trata de encontrar pautas en los fenómenos que nos permitan correlacionar

causa y efecto.

Con cuestiones, prácticas caseras y experiencias sobre el entorno, se pueden obtener los datos necesarios para encontrar la causa del fenómeno y obtener el modelo aplicable.

Este profesor no es exigente en necesidades de recursos, se adapta bien a los materiales que consigue él o sus alumnos y por ello tiene gran variedad y flexibilidad en la elaboración y uso de los recursos de los que dispone.

Las actividades permiten una mayor relación con el entorno y se pueden utilizar como punto de partida y de prácticas. Suele ser una estrategia de uso común plantear cuestiones de dificultades del entorno como problemas de fácil solución.

La resolución de los ejercicios **utilizando métodos originales y poco ortodoxos** es destacada ampliamente por el profesor para incitar al resto de los alumnos a no utilizar siempre métodos establecidos de resolución.

A lo largo de toda la clase puede que corrija sólo algunas respuestas de las erróneas, pues prefiere que sean **los mismos alumnos los que lleguen a la conclusión** del hecho de la existencia de un error a través de su trabajo, mediante la realización de los ejercicios, o tras una explicación teórica.

## MODELO ARTESANO

Problemas de lápiz y papel	Experiencias de laboratorio	Trabajos prácticos	Pequeñas investigaciones	Problemas abiertos
Se plantean como herramientas de trabajo intercalándose en la explicación.  Favorecen el razonamiento y la aplicación de conocimientos a casos prácticos.  Estimulan el	Se plantean fundamentalmente como actividades de búsqueda de causas, del "cómo funciona".  No responden a un guión establecido.  Las experiencias sufren modificaciones en su montaje o desarrollo	Se plantean como montajes o construcciones sencillas elaboradas por el alumno, a veces a propuesta del profesor.  Deben orientarse hacia el desarrollo de la creatividad, buscar la máxima	Son útiles pero se corre el riesgo de alejarse de la realidad al acotar y simplificar el problema.  Si se prolongan en el tiempo, el alumno pierde interés.	Quedan demasiado lejos del alumno y éste abandona.  Al estar tan abierto, no se llegan a establecer las correlaciones que le lleven a las causas o fundamento del funcionamiento, por lo que no aprenden.



aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes. Se buscan métodos originales de resolución.	en función de los resultados obtenidos.	variedad.		
--	---	-----------	--	--

### **Descubridor (descubrimiento, investigativo)**

En este modelo, el profesor enseña bajo la convicción de que el trabajo experimental, **la medición objetiva, es el punto de partida** del trabajo del científico. A partir de un conjunto adecuado de datos correctos se inducen las leyes de la naturaleza que rigen los fenómenos estudiados. Los resultados son adecuados y correctos si coinciden con los validados por la comunidad científica del momento.

Mediante el trabajo experimental se trata de **redescubrir las leyes de la ciencia**, pudiendo hacerse este trabajo tanto en el centro como en los lugares donde se encuentre en tema de estudio, que suele presentarse al alumno como situaciones nuevas que suponen problemas experimentales de investigación.

El trabajo práctico no se asocia a un recinto cerrado, practicándose frecuentemente la docencia en la naturaleza (aulas de la naturaleza, aulas del mar, trabajos de campo, etc.) o en el entorno (arqueología industrial, itinerarios tecnológicos, etc.).

No se hacen prácticas de laboratorio separadas de la teoría, porque el trabajo gira en hacer experimentos que formen parte de pequeñas investigaciones. Esto requiere siempre un material adaptado y específico al problema que se investiga.

Las prácticas pueden no tener guiones del profesor, ya que son los alumnos los que hacen sus propios guiones ayudados u orientados. La teoría como tal no tiene sentido, no se debe estudiar aparte, no ha de haber "clases de teoría" ya que cada alumno elabora su propia teoría a partir de su trabajo en el laboratorio, los libros de consulta y demás documentación de que dispone. El profesor ha de intervenir lo mínimo posible en

este aspecto, tan sólo para orientar, profundizar o aclarar, ya que **las actividades de aprendizaje han de ser planificadas y realizadas por los alumnos**, aunque la mayor preocupación de estos sea que las líneas de trabajo que se les ocurran les lleve a callejones sin salida. El papel básico del profesor en el trabajo práctico es facilitar los medios necesarios para que el alumno pueda investigar.

Al alumno se le prepara para observar con detalle, clasificar hechos, detectar relaciones e implicaciones, buscar nuevos enfoques, desarrollar el ingenio para reproducir situaciones y desmenuzarlas.

La realización de pequeñas investigaciones de larga duración supone que la búsqueda de información y el trabajo práctico son las principales actividades. Los alumnos, individualmente o en grupos, solucionan por su cuenta problemas, cuestiones o experiencias, recogiendo datos de los que inducir las leyes que los rigen. Su mayor preocupación es no tener ideas originales con las que abordar la situación.

Los ejercicios-problema de cálculo numérico surgen de las necesidades cuantitativas de la investigación y de las estimaciones de tratamiento de los datos experimentales, para obtener las conclusiones pertinentes en forma de leyes. Este planteamiento merece la desaprobación de algunos autores:

"Los términos "laboratorio" y "método científico" se volvieron sacrosantos en las preparatorias y universidades norteamericanas, los estudiantes eran obligados a imitar los aspectos triviales del método científico.....aprendieron poco de la materia y menos aún del método científico". (Ausubel, 1978)

Sin embargo también es una posición que cuenta con bastantes defensores:

"Hacemos ejercicios y problemas relacionados con lo que hemos estudiado, procurando contextualizarlos de manera que se hagan reconocibles para el alumno: "un móvil", "una masa" son imágenes amorfas que distancian al alumno de lo que está haciendo."

## MODELO DESCUBRIDOR

Problemas de lápiz y papel	Experiencias de laboratorio	Trabajos prácticos	Pequeñas investigaciones	Problemas abiertos
<p>Son menos determinantes en el proceso de aprendizaje que el trabajo experimental.</p> <p>No producen aprendizaje descontextualizadas de un trabajo experimental.</p> <p>Se plantean como actividades que favorecen la emisión de hipótesis, la recogida de datos y la elaboración de conclusiones.</p> <p>Surgen de las necesidades cuantitativas de la investigación.</p>	<p>Se plantean como actividades cortas para verificar hipótesis.</p> <p>Suelen tener pautas de trabajo, aunque se deja al alumno libertad para decidir lo que debe hacer dentro de un contexto más amplio de investigación.</p> <p>Son el punto de partida para el trabajo científico.</p>	<p>Se plantean en forma de secuencia de actividades, frecuentemente dirigidas por el profesor.</p> <p>Su diseño incluye la emisión de hipótesis, búsqueda de información, elaboración de conclusiones, análisis de resultados, etc.</p>	<p>Centran la mayor parte de la actividad del alumno.</p> <p>Se abordan para dar respuesta a problemas cerrados mediante la elaboración de una teoría adecuada que los explique.</p> <p>La coincidencia entre la teoría elaborada y la Ciencia oficial no es relevante, lo relevante es el procedimiento de elaboración de la teoría.</p>	<p>Un problema no acotado no permite el diseño y desarrollo de una investigación razonable.</p> <p>Se corre el riesgo de llegar a un callejón sin salida que fuerce la intervención del profesor, con lo que se perdería el aprendizaje que comporta una investigación.</p>

## **Constructor (constructivista, de elaboración, crítico)**

Este tipo de profesor utiliza un proceso de enseñanza- aprendizaje basado en la resolución de dificultades, en situaciones problemáticas que se dan en la vida real, tal cual aparecen. Lo hace en la convicción de que, para conseguir un aprendizaje significativo relevante, **es más importante** trabajar en el alumno **el proceso de resolver dificultades** (forma de resolver el problema, "procesar la ambigüedad"), **que el hecho de dejar resuelta la dificultad** (preocupación por el producto o por el resultado final).

La metodología que utiliza este modelo de profesor es investigativa, basada en la "resolución de problemas abiertos", entendidos como dificultades sin solución inmediata. Las clases tienen una gran actividad debido a que se practica un cierto descubrimiento guiado para conseguir una elaboración del conocimiento. En ocasiones, se intenta resolver problemas que no tienen solución.

Puesto que la forma de abordar un problema depende de la forma en que cada persona lo percibe, se asume que los enfoques que cada equipo de trabajo desarrolle puedan ser diversos, para después analizar la bondad de cada uno e ir perfilando los más adecuados. En este sentido, el papel del profesor es actuar como referencia experta dentro del aula.

El profesor encarga diseños y sugiere actividades y experiencias relacionadas con el trabajo, para poderlas llevar a cabo en el aula o en el entorno o, incluso, en el laboratorio. Así, a veces, algunos alumnos diseñan su trabajo, otros eligen diseños orientativos, y a los menos se les dirige adaptándose a su ritmo.

El profesor pretende que el alumno asocie la situación a lo que ya sabe, y que trate de analizar y encontrar analogías para contrastar posteriormente los hechos. Su mayor preocupación es que la situación problemática **no interese suficientemente al alumno** y abandone los esfuerzos por resolverlo, bien porque le parece alejado de sus posibilidades o porque lo considere de gran inmediatez y sin interés.

En este esquema de trabajo, la resolución de dificultades o de situaciones problemáticas está caracterizada por:

- Una situación novedosa que no tiene respuesta automática, que requiere, antes de la puesta en marcha de las estrategias de resolución, comprender, dar sentido a la situación y definirla.

- La existencia de propósitos, metas, al iniciar el trabajo.
- La definición de estrategias, planteamientos, marcos de definición, resolución, evaluación, etc., es decir, un proceso de investigación.
- El trabajo sobre cómo el alumno reconoce el problema, lo contextualiza y lo trata.

### MODELO CONSTRUCTOR

Problemas de lápiz y papel	Experiencias de laboratorio	Trabajos prácticos	Pequeñas investigaciones	Problemas abiertos
<p>No tienen mucha repercusión en el aprendizaje.</p> <p>Se plantean como actividades para detectar ideas previas, errores conceptuales, etc.</p>	<p>Se plantean como actividades para contrastar hipótesis o ver de cerca un fenómeno poco conocido por los alumnos.</p>	<p>Se plantean como actividades procedimentales con un fuerte carga conceptual.</p> <p>Tienen un diseño abierto y una temporalización a medio plazo.</p> <p>El alumno planifica la experiencia a partir de un diseño elaborado individualmente o en equipo.</p>	<p>Constituyen una parte importante del trabajo.</p> <p>Se abordan para dar respuesta a una situación problemática abierta.</p> <p>Se combinan elementos conceptuales y procedimentales.</p> <p>El alumno diseña el modelo de investigación.</p>	<p>Se plantean como interrogantes sobre un fenómeno o aspecto de la Ciencia, la sociedad o la tecnología.</p> <p>No suelen tener datos numéricos y suelen estar muy cercanos a la vida diaria del alumno.</p> <p>El alumno acota variables y establece el modelo de resolución.</p> <p>Requieren por parte del alumno unos conocimientos anteriores para fundamentar su resolución.</p>

	<b>TRANSMISOR</b>	<b>TECNOLÓGICO</b>	<b>ARTESANO</b>	<b>DESCUBRIDOR</b>	<b>CONSTRUCTOR</b>
<b>Lo que el profesor quiere que hagan los alumnos.</b>	Asociar la situación a la ley que la rige y aplicarla.	Aplicar correctamente el modelo matemático.	Encontrar una pauta en el fenómeno que nos permita correlacionar el efecto con su causa.	Redescubrir la ley que rige los descubrimientos de las Ciencias.	Asociar la situación a lo que el alumno sabe y obtener nuevo conocimiento de ella.
<b>Las instrucciones que se dan a los alumnos.</b>	Seguir las instrucciones del guión, el algoritmo que lleva a la solución de la situación.	Convertir la situación en un modelo matemático y obtener el resultado numérico.	Cuestiones, prácticas caseras, experiencias sobre el contexto y el entorno de fácil resolución para obtener los datos necesarios para inducir el método de trabajo.	Observar con detalle, clarificar hechos, detectar relaciones e implicaciones, buscar nuevos enfoques, desarrollar el ingenio para reproducir la situación y desmenuzarla. Se aprende descubriendo.	Analizar el problema, encontrar analogías, adaptar lo que se sabe a la situación que se presenta y hallar nuevas conclusiones generalizables.
<b>El resultado correcto.</b>	El que muestra que la situación real cumple el modelo científico.	Un modelo que obtenga un resultado numérico lo más aproximado posible a la situación real.	Encontrar la causa del fenómeno para obtener el modelo aplicable.	El que permite elaborar posibles modelos que expliquen lo que sucede, y estén validados por la comunidad científica.	Desarrollar un modelo de las Ciencias con rango de validez definido y fuerza explicativa mayor que los modelos disponibles anteriormente.
<b>El trabajo con lápiz y papel.</b>	Es la principal herramienta de estudio de la Naturaleza, ya que el conocimiento científico bien establecido permite abstraer cualquier situación.	Es la principal herramienta de estudio de la Naturaleza ya que ésta es convertible en modelos matemáticos que la describen.	Tiene muy escasa importancia ya que lo que lo importante es trabajar con la realidad, no con sus descripciones. Se utiliza el cuaderno de clase como elemento de trabajo y evaluación.	Sirve para establecer las correlaciones entre los datos. Las actividades de aprendizaje han de ser planificadas y realizadas por los alumnos.	Permite estudiar analogías entre fenómenos y encontrar aproximaciones entre los modelos teóricos y el trabajo del aula.
<b>El análisis detallado de la situación.</b>	Permite adoptar el modelo teórico más adecuado.	Muestra el avance de la Ciencia y la Técnica y permite adoptar el modelo más adecuado para el caso.	Permite discernir algunas de las variables que controlan los efectos, "las que cuentan". Permite improvisar un montaje experimental creativo que muestre una situación de la que inducir una conclusión más general.	Es un complemento de la actividad experimental.	Permite disponer de análisis explicativos que se deben contrastar con los hechos.
<b>La reproducción controlada de la situación (el trabajo experimental).</b>	Sirve para comprobar que la Naturaleza cumple las leyes.	Sirve para contrastar los datos experimentales con los teóricos.	Sirve para desarrollar las destrezas que permitan estudiar otras situaciones.	Sirve para buscar los datos que permitan obtener correlaciones de todas las leyes importantes.	Permite contrastar contra la realidad las hipótesis iniciales para reformarlas en caso de necesidad.
<b>La conclusión que se saca.</b>	Que la ley se cumple, que es cierta.	Que los resultados numéricos describen la realidad.	Que puede haber múltiples explicaciones y enfoques del problema y varios de ellos ser eficaces.	Que ya existe un modelo que describe la situación, que queda así identificado.	Que hay modelos mejores que otros en su capacidad explicativa de los sucesos, adoptándose el más potente a la espera de obtener otro mejor.
<b>Proceso de modelización.</b>	No hay, se parte del modelo.	No hay, se parte del modelo.	Se elabora un método de identificar alguno de los modelos ya descrito por los científicos.	Se elabora un modelo ad hoc para los datos experimentales.	Se parte de uno o varios modelos iniciales y se reforman en función de su validez frente al análisis teórico y frente a los datos experimentales.
<b>Lo que teme y evita el profesor.</b>	Que el resultado no se aproxime a la ley que rige el fenómeno.	Que los datos teóricos o los resultados experimentales no se ajusten a la formalización aceptada.	Que las variables estudiadas y los datos obtenidos sean teóricos, sin aplicabilidad.	Que las líneas de trabajo que se les ocurran a los alumnos lleven a callejones sin salida.	Que el problema no interese y se abandonen los esfuerzos para resolverlo o quede más allá de las fuerzas de los alumnos.
<b>Lo que teme el alumno.</b>	No usar la ley adecuada o usarla mal.	Confundirse en el cálculo o en el planteamiento.	No encontrar la utilidad entre los datos que muestran cómo funciona el sistema.	No tener ideas originales con las que abordar la situación.	Estar convencido de una solución y que el debate final muestre que era errónea. Que no le den las claves para resolver el problema, tener que inventárselas él.

Tabla 2

### 3.6 PLANTEAMIENTO DE SITUACIONES PROBLEMÁTICAS DESDE CADA MODELO

Se exponen a continuación una serie de enunciados de situaciones problemáticas, planteadas desde la óptica de cada uno de los modelos didácticos analizados anteriormente. Se trata sólo de una aproximación a la forma de plantear los enunciados de cada uno de los modelos, sin pretender asegurar categóricamente que estas situaciones problemáticas reflejen totalmente las características metodológicas de los mismos.

A fin de ilustrar mejor los planteamientos de los distintos modelos y observar los matices que los diferencian, se han elegido situaciones problemáticas sobre temas variados: corriente eléctrica, flotación, disoluciones, cinemática y estequiometría de las reacciones químicas.

#### MODELOS      SITUACIONES PROBLEMÁTICAS: CORRIENTE ELÉCTRICA.

- TRANSMISOR** Una bombilla de 40 W se conecta a una corriente de 220 V.  
a) Calcula la intensidad de corriente que la atraviesa.  
b) Calcula la resistencia de la bombilla.  
c) Dibuja la bombilla y señala sus partes.
- TECNOLÓGICO** Una bombilla de 40 W y 110 V se funde al conectarla a una corriente de 220 V.  
a) Calcula la intensidad de corriente que ha fundido la bombilla.  
b) Calcula qué resistencia debería ponerse en serie con la bombilla para que ésta no se funda.  
c) Dibuja un esquema del circuito.
- ARTESANO** Una bombilla de 220 V y 60 W se funde.  
En un supermercado encuentras dos bombillas para sustituir a la fundida:  
- Bombilla de 110 V y 60 W, al precio de 90 pts.  
- Bombilla de 220 V y 45 W, al precio de 100 pts.  
a) ¿Qué bombilla comprarías para sustituir a la fundida? ¿Por qué esa bombilla y no la otra?  
b) ¿Qué pasaría si se empleara la bombilla que tú no has elegido?  
c) ¿Cuál de las dos bombillas indicadas emite más luz?
- DESCUBRIDOR** Una bombilla se conecta a una corriente.  
a) ¿Qué características deben tener la corriente y la bombilla para que ésta no se funda?  
b) Investiga todos los factores que determinan que la bombilla se funda.
- CONSTRUCTIVISTA** ¿Se fundirá una bombilla al encenderla?  
a) Realiza un estudio sobre este caso.  
b) Analiza la influencia de los materiales que forman la bombilla en relación con su rendimiento.

	<b>SITUACIÓN PROBLEMÁTICA: HIDROSTÁTICA.</b>
<b>MODELOS</b>	
<b>TRANSMISOR</b>	Tenemos un objeto con una masa de 150 kg y un volumen de 400 l. Si se pone a flotar en el mar, calcula: a) El valor del empuje en Kp. b) La masa que podremos poner sobre el objeto para que quede a ras de agua. Considerar $g=9.8 \text{ m/s}^2$ y la densidad del agua de mar:1035 g/l
<b>TECNOLÓGICO</b>	Un paralelepípedo de dimensiones 2.0 x 0.5 x 0.3 m tiene una masa de 150 kg. Si está flotando en el mar: a) Dibuja el sistema de fuerzas que actúan sobre el paralelepípedo. b) El módulo de las fuerzas que actúan sobre él. c) La altura del objeto que sobresale del agua. d) La masa que hay que añadirle para que quede a ras de agua. $g=9.8 \text{ m/s}^2$ densidad del agua de mar:1035 g/l
<b>ARTESANO</b>	Sabemos que los objetos de ciertas densidades flotan en agua y los de otras densidades se hunden. a) Averigua cuánto deben valer las densidades de los sólidos para que floten o se hundan en agua. b) Utilizando los diferentes líquidos que tenemos en el laboratorio, diseña y realiza experimentos que te permitan comprobar cómo flotan diferentes materiales en ellos. c) Con botellas vacías y arena, investiga en qué condiciones flotan y en qué condiciones se hunden. d) En la visita al puerto vimos que para acceder a los barcos amarrados a las boyas se utilizaban pequeños botes llamados chinchorros. Un chinchorro tiene una masa de 150 kg y puede desplazar hasta 400 litros sin que le entre agua. ¿Cuántas personas pueden subirse sin que se hunda?
<b>DESCUBRIDOR</b>	Vamos a investigar qué es lo que determina que ciertos materiales floten y otros no. a) Sumerge un sólido en diferentes líquidos, midiendo la fuerza necesaria para lavarlo cuando está en el aire y cuando está sumergido. También puedes probar a sumergir diferentes sólidos. b) Intenta determinar, en cada caso, el valor de la fuerza que aparece al sumergirlo. c) Busca la relación entre esa fuerza y el volumen del sólido. ¿Cómo afecta la densidad del líquido? d) Busca en la biblioteca del aula alguna ley que se aproxime a las relaciones que hemos encontrado.
<b>CONSTRUCTIVISTA</b>	Sabemos que el hierro no flota, pero ¿en qué condiciones flotará un barco de hierro? a) Estudia qué es lo que determina que un objeto flote, separando las variables de importancia y concretando tus hipótesis acerca de la flotación. b) Diseña un experimento que permita estudiar las fuerzas que actúan sobre sólidos hechos con diferentes materiales cuando están en un líquido y cuando los sacamos del líquido. c) ¿Qué efecto tiene sobre este problema usar diferentes líquidos? d) ¿Qué efecto tiene sobre esas fuerzas utilizar sólidos de diferentes tamaños o materiales? e) Según lo que hemos deducido, ¿de qué depende cuánto se hunde un barco al cargarlo?



<b>SITUACIÓN PROBLEMÁTICA: DISOLUCIONES.</b>	
<b>MODELOS</b>	
<b>TRANSMISOR</b>	Dada una disolución de un sólido en agua cuya densidad es de 1.035 kg/l, calcular: a) Su densidad en g/cm <sup>3</sup> . b) Su concentración en g/l y en % en peso.
<b>TECNOLÓGICO</b>	Teniendo en cuenta que el agua de mar tiene una densidad de 1035 g/l, calcula: a) Su densidad en g/cm <sup>3</sup> . a) Cuánta sal hay disuelta en un litro de agua de mar. c) Su concentración en % en peso. d) Cómo prepararías medio litro de una disolución semejante al agua de mar.
<b>ARTESANO</b>	La mayor parte del agua de nuestro planeta está en forma de agua de mar que, como sabes, tiene sales disueltas. a) Coge algo de agua de mar y ponla en tu casa en un plato para que se evapore. Observa qué sucede y, con una lupa, el aspecto del residuo. b) En el laboratorio, coge una cantidad conocida de agua de mar y separa el agua y la sal. Con ello, mide cuánta sal hay en el agua de mar. c) A la vista de ese resultado, ¿cuánta sal hay en un litro de agua de mar?
<b>DESCUBRIDOR</b>	Una de las disoluciones más abundantes de nuestro planeta es el agua del mar. a) Diseña un experimento que nos permita medir cuánta sal tiene el agua de mar. b) ¿Qué unidades podríamos usar para expresar la cantidad de soluto que hay en una disolución. c) Expresa la concentración de sal en el agua de mar en todas las unidades que se te hayan ocurrido. d) Compara las unidades que estés manejando con las que se pueden encontrar en la bibliografía.
<b>CONSTRUCTIVISTA</b>	Vamos a averiguar qué diferencia varias disoluciones acuosas diferentes (por ejemplo, agua de mar, agua del grifo, agua embotellada, refrescos, té, café u otros líquidos que se te ocurran). a) Diseña y realiza un trabajo experimental que nos permita obtener y pesar los sólidos disueltos en cada uno de estos líquidos. Debatiremos en grupo qué métodos de separación son más eficaces. b) Si en estos líquidos estaban los sólidos que hemos obtenido, ¿en qué estado físico estaban? Prepara tus argumentos para defender tus hipótesis. c) ¿Cambia en volumen del agua al disolver sal común? Compruébalo experimentalmente. d) ¿Dónde se mete la sal cuando se disuelve? Intenta explicarlo dibujando lo que veríamos si pudiéramos observar el agua de mar a través de un microscopio que nos permitiera ver átomos y moléculas.

<b>MODELOS TRANSMISOR</b>	<b>SITUACIÓN PROBLEMÁTICA: CINEMÁTICA.</b>
	Una isla de forma circular y de espesa vegetación tiene un diámetro de 4 km Si sopla un viento a 20 km/h y se declara un incendio en el extremo por donde sopla el viento, ¿cuánto tarda el fuego en quemar la isla si avanza a un 10% de la velocidad del viento? ¿Qué extensión de suelo se ha quemado?
<b>TECNOLÓGICO</b>	El único habitante de una isla cubierta de vegetación observa un rayo que incendia unos arbustos secos por la orilla donde sopla un fuerte viento. ¿Cuánto tiempo tardará en oír el trueno? ¿Qué sucedería si intenta apagar el fuego con ramas? Busca una solución apropiada aplicando el método científico. Datos: radio isla 2 km.; velocidad del sonido 340 m/s; velocidad luz 300.000 km/s; velocidad del viento 20 km/h.
<b>ARTESANO</b>	En una isla exuberante en vegetación, con un único habitante, se puede producir un incendio que hace peligrar la vida del individuo. Comprobar la facilidad de combustión de las distintas especies vegetales. Trata de sugerir qué medidas se deben adoptar para evitar un incendio. ¿Qué haces en caso de producirse? Imagina un experimento en que se ponga en práctica las soluciones propuestas.
<b>DESCUBRIDOR</b>	¿Qué tipo de movimiento lleva el fuego? Deduce como obtener la ecuación de avance del frente del fuego. ¿En qué dirección actúa el viento? Sugiere un experimento para averiguarlo. En un plano a escala y siguiendo la dirección del viento ¿cuánta extensión se quemará? Busca una forma de apagar el fuego; ensaya cuanto apagarías en dos minutos para prever si el tiempo que resta permite afrontar la solución. ¿Será más cómodo humedecer la ropa?
<b>CONSTRUCTIVISTA</b>	Un hombre se encuentra sólo en una isla poblada de arbustos, en la que se declara un incendio. El fuego que comenzó en un extremo avanza en una dirección que puede arrasar toda la isla. No se dispone de medios para apagar el fuego, ni se pueden construir zanjas, y el mar está lleno de tiburones. ¿Que podría hacer para salvarse?

<b>MODELOS TRANSMISOR</b>	<b>SITUACIÓN PROBLEMÁTICA: REACCIONES QUÍMICAS.</b>
	Según la ecuación
	$4 \text{ NH}_3 + 5 \text{ O}_2 \text{ -----} > 4 \text{ NO} + 6 \text{ H}_2\text{O}$
	a) Qué masa de oxígeno, en gramos, se necesitará para que reaccionen exactamente 100 g de amoníaco?
	Las masas moleculares respectivas del amoníaco y del oxígeno son, 17.0 y 32.0, respectivamente.
<b>TECNOLÓGICO</b>	El NO se puede obtener por reacción del amoníaco con oxígeno. En el proceso se obtiene además agua.
	a) escribe la ecuación de la reacción.
	b) Si partimos de 100 g de amoníaco y de 200 g de oxígeno, ¿qué cantidad de NO se puede producir?
<b>ARTESANO</b>	En la obtención industrial del ácido nítrico a partir del amoníaco, el primer paso consiste en oxidar el amoníaco con oxígeno. La reacción:
	$4 \text{ NH}_3 + 5 \text{ O}_2 \text{ -----} > 4 \text{ NO} + 6 \text{ H}_2\text{O}$
	¿Qué volumen de aire, en C.N., se necesitaría para oxidar el amoníaco contenido en una bombona de 20 L a la presión de 2 atm y 20°C?
<b>DESCUBRIDOR</b>	El ácido nítrico se puede obtener a partir del amoníaco. El paso previo consiste en la oxidación del amoníaco.
	a) Sabiendo que en el proceso se obtiene NO, investiga y escribe cuál puede ser la ecuación de la reacción.
	b) Describe cómo se podría llevar a cabo la reacción en la industria.
	c) Investiga los factores que pueden afectar al rendimiento de la reacción.
<b>CONSTRUCTIVISTA</b>	Consulta en la bibliografía cómo se puede obtener industrialmente el amoníaco y analiza los factores que intervienen en su producción. Plantea algún cálculo estequiométrico con una de las ecuaciones de reacción del proceso.

A modo de resumen, en los ejemplos propuestos podemos deducir, referido a cada uno de los modelos, lo siguiente:

En el **modelo transmisor**, las situaciones problemáticas se plantean como actividades de aplicación y de comprobación de conocimientos que se resuelven mediante algoritmos.

Para el **modelo tecnológico**, las situaciones se plantean como actividades de aplicación y de comprobación de conceptos, pero también de los procedimientos. A veces se propone una dificultad no prevista, pero que tiene solución en determinadas condiciones.

Con el **modelo artesano**, el planteamiento intenta favorecer el razonamiento y la aplicación de los conocimientos a casos prácticos. Tratan de estimular el

aprendizaje desde la intervención creativa del alumno.

En el caso del **modelo descubridor**, las actividades se plantan para favorecer la emisión de hipótesis, la recogida de datos y la elaboración de conclusiones mientras el alumno actúa como un pequeño investigador autónomo.

Por último, en el **modelo constructivista**, las situaciones problemáticas se plantean de forma abierta, es decir, no tienen solución inmediata. El profesor encarga los diseños para resolver la situación problemática, incluyendo el diseño de los experimentos, si ello es necesario. El alumno también debe acotar las variables y el modelo de resolución.

### **3.7 ¿POR QUÉ UNAS PAUTAS DE RESOLUCIÓN DE SITUACIONES PROBLEMÁTICAS EN CADA MODELO?**

Como hemos visto, las **situaciones problemáticas** interpretadas como una situación abierta en cualquier campo de la docencia, se perciben de diferente forma según sea el modelo didáctico que uno asuma.

Incluso el propio enunciado de la situación problemática (o la consideración explícita de ésta) adquiere distintos planteamientos; es diferente cómo enuncia una práctica de laboratorio o un problema específico un profesor determinado dependiendo de la óptica (del modelo didáctico) con que intenta plantear la cuestión.

Pero la diferencia no sólo está en el planteamiento de la situación problemática sino, principalmente, en el curso del desarrollo. La forma que ha de seguir para su resolución, las estrategias y mecanismos utilizados, la actitud ante la situación, la expectativa de lo que pueda resultar, etc. son diferentes en cada caso. La resolución sigue una metodología diferente según el posicionamiento que se adopte respecto a uno u otro modelo didáctico.

En estas condiciones suponemos que se puede hablar de "*pautas de resolución de situaciones problemáticas*" desde cada modelo. Por tanto, podemos hablar de cuál es la secuencia metodológica que se sigue en la enseñanza-aprendizaje para resolver una situación problemática desde distintos planteamientos.

En la bibliografía hay gran cantidad de trabajos que aportan datos para

tratar las pautas partiendo de uno de los modelos (Gil y Dumas 1988, Valdés 1993, Albaladejo 1992, Calatayud 1980a, 1980b, 1988, Contreras 1987, Furió 1994, Garret 1988, Pomés 1991, Gil 1982, Gil 1986, Carrascosa 1995) y partiendo de dos modelos (Gil 1988, Furió 1987, García 1990, Perales 1993). En estos trabajos se analizan una o varias de estas pautas.

En cualquiera de las pautas se encuentran implícitos los paradigmas definitorios del modelo didáctico: concepciones sobre la ciencia y el método científico, sobre cómo aprenden los alumnos, sobre el papel social de la escuela y de la enseñanza, sobre metodología, planificación y evaluación, etc. Por ello, debemos tener presente qué posición adopta cada modelo ante muchas de las situaciones de la enseñanza.

La validación de las pautas de resolución que presentamos exige, entre otras cosas, que sean capaces de:

- Integrar las aportaciones parciales de estudios anteriores y de situaciones cotidianas identificables en nuestras aulas.
- Asociar la resolución de situaciones problemáticas a los modelos didácticos, ya que aquellas son parte de un todo más complejo que engloban estos.
- Permitir que alumnos y profesores, conociendo los distintos planteamientos, puedan hacer un análisis crítico de la forma de aprender y de enseñar la resolución de situaciones problemáticas.

Desde estos planteamientos, las pautas de resolución de situaciones problemáticas, vistas desde cada modelo didáctico, pueden ser las siguientes:

## **TRANSMISOR**

### **Ejercicios**

- Lectura cuidadosa y razonada del enunciado dado por el profesor.
- Identificación de la parte de la teoría afectada.
- Selección de las ecuaciones adecuadas.
- Sustitución de los datos del enunciado en las ecuaciones.
- Resolución matemática.
- Identificación (obtención) del resultado.

### **Prácticas**

- Lectura cuidadosa del guión suministrado por el profesor.
- Preparación del material (montaje experimental). Si es posible, debe estar previamente montado.
- Toma de datos.
- Identificación de la parte de teoría necesaria.
- Sustitución de los datos experimentales en las ecuaciones.
- Resolución matemática de las ecuaciones.
- Comparación de los resultados obtenidos con los predichos con la teoría.

## **TECNOLÓGICO**

### **Ejercicios**

- Lectura cuidadosa del enunciado, subrayando las frases más relevantes y asegurándose de entender las especificaciones.
- Simular la situación mediante un diagrama gráfico que refleje la situación del enunciado. Debe eliminar los elementos superfluos y reducir la situación al mínimo número de elementos pertinentes.
- Si es necesario, conversión a unidades en el S.I. y definir las constantes que se utilizan.
- Explicitación de los datos numéricos disponibles (explícitos y ocultos), identificándolos con variables y distinguiendo los datos de la incógnita.
- Identificación de la teoría correspondiente; esto es, tipo de

### **Prácticas**

- Lectura cuidadosa del guión de prácticas suministrado por el profesor. Averiguar qué hay que hacer.
- Preparación del material necesario que se especifica sobre la mesa del laboratorio y montaje experimental según el esquema dado.
- Obtención de los datos con múltiples medidas y obtención de medias significativas y de errores y desviaciones.
- Sustitución de los datos en las ecuaciones contenidas en el guión, previamente orientadas a la situación concreta que se está estudiando.
- Comparación de los datos obtenidos con los teóricos y, en caso de discrepancia, búsqueda de los errores o simplificaciones causantes.

fenómeno que se estudia.

- Emisión de hipótesis.
- Declaración de leyes y fórmulas cuya aplicación resuelve el problema.
- Resolución matemática.
- Aplicación de los datos a las ecuaciones de la teoría correspondiente: sustitución numérica de variables.
- Identificación del resultado con significado físico correcto.
- Análisis del resultado.

## **ARTESANO**

- Identificación, por parte de los alumnos, de una situación problemática situada en su entorno y que cause su interés.
- Elaboración de una propuesta de indagación por parte de los alumnos (en equipos o individualmente) que incluya métodos de trabajo lo más diversos posible. Determinación de aspectos de la situación problemática estudiada para los que no se conozca la causa que los explique.
- Búsqueda de medios materiales y de información por parte de alumnos y del profesor. La utilización no ortodoxa de materiales disponibles se debe fomentar. El profesor debe asegurarse de disponer de todo lo necesario para llevar a cabo las ideas de los alumnos, ya que las modificaciones desvirtúan la idea original.
- Desarrollo de la indagación adaptándose a las situaciones que se van creando, modificando el diseño según sea necesario.
- Análisis de los datos para la obtención de las causas o la explicación del fenómeno estudiado.
- Planteamiento de procedimientos, principios funciones, leyes o fórmulas cuya aplicación pueda resolver la situación.
- Exposición de los resultados y conclusiones para intercambio entre los diferentes grupos de trabajo o entre los alumnos individualmente. Se buscará destacar los procedimientos utilizados y la originalidad de los enfoques.
- Repaso de los supuestos iniciales de trabajo, verbalizando las causas de los resultados obtenidos y sugiriendo cómo habría que modificar el proceso seguido.

## **DESCUBRIDOR**

- Planteamiento del tema de investigación seleccionado por el profesor.
- Desarrollo de propuestas de solución por parte de los alumnos como hipótesis de trabajo. Estas propuestas incluyen la hipótesis de partida y un diseño experimental para comprobarla.
- Exposición al profesor por parte de cada grupo de trabajo de las propuestas de solución y defensa de su idoneidad. Se hace un énfasis especial en la coherencia entre la hipótesis de trabajo y el diseño experimental propuesto. En caso de que la hipótesis sea incorrecta, se lleva a la práctica el diseño propuesto para comprobar la falsedad del punto de partida.
- Puesta en práctica de la investigación con el diseño acordado.
- Seguimiento de las pautas del trabajo experimental: procedimiento, material, hipótesis que se va a contrastar, experimento, observación y datos, resultado e interpretación.
- Obtención de resultados experimentales y elaboración de las conclusiones, que se presentan al resto del grupo en una puesta en común de la que sale una teoría que explique lo estudiado.

## **CONSTRUCTOR**

- Elección del tema de estudio y negociación con los alumnos para hacer el planteamiento de un problema muy abierto.
- Cada equipo de trabajo debe emitir sus hipótesis iniciales acerca del problema (hipótesis sobre "lo que va a salir") y hacer una exposición a todo el grupo.
- Análisis del significado del problema:
  - a) Condiciones de contorno.
  - b) Datos, variables, magnitudes, fenómenos y leyes que pueden intervenir.
  - c) Aspectos de ambigüedad y que requieren decisión previa.
  - d) Suposiciones iniciales.
- Contrastación de las hipótesis iniciales con situaciones reales relacionadas con el problema. En el caso de hipótesis incorrectas, planteamiento de contraejemplos del profesor o de pequeños montajes experimentales para un primer análisis.
- Desarrollo de las propuestas de solución en el seno de cada equipo.
- Exposición de las propuestas de solución a todo el grupo y "afinado" de las propuestas entre los propios compañeros y con el profesor.
- Puesta en práctica de la solución.
- Obtención de resultados y análisis de los mismos por el equipo de alumnos.
- Exposición de resultados a todo el grupo y elaboración de conclusiones.
- Contrastación con la teoría científica dominante y propuesta de mejora de las soluciones obtenidas.



### 3.8 UN INTENTO DE GENERALIZACIÓN

Hemos intentado recoger una gran variedad de situaciones de enseñanza-aprendizaje y encontrar su denominador común, que se refiere a la relación entre los conceptos de la ciencia escolar y su aplicación a la realidad que rodea a alumnos y profesores. Esta contrastación de teoría científica y realidad presenta formas muy variadas, y al formalizarlas y englobarlas bajo la denominación de *situaciones problemáticas*, hemos encontrado que un elemento fundamental las determina: las concepciones del profesor.

En consecuencia, hemos examinado las diferentes situaciones de aula a través del filtro de los modelos didácticos, con lo que se perfila un modelo global que intenta describir y estructurar las diferentes situaciones de aplicación de los conceptos científicos a la realidad en situaciones de enseñanza-aprendizaje. Para contrastar nuestro análisis, hemos sugerido ejemplos de enunciados sobre varios temas científicos desde la óptica de diferentes modelos y hemos presentado pautas de resolución de situaciones problemáticas acordes con cada uno de ellos.

¿Para qué todo ello? De una parte, para proponer un debate sobre las bondades y carencias de cada uno de los modelos y, dentro de ellos, de cada una de las formas de abordar las situaciones problemáticas. De otra parte, para facilitar unas pautas de análisis que permitan realizar ese debate con una visión de conjunto y nos ayuden a separarnos de nuestro propio modelo personal y revisarlo críticamente.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- ALBADALEJO, M. Y CAAMAÑO, A. (1992): "Los trabajos prácticos". "La resolución de problemas". Tomado de "Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza". Curso de actualización científica y didáctica. Cap. 5 y 6. 95-157. MEC.
- ANUARIO DE LA EDUCACION, (1974). Ed. Santillana.
- ANTA TORRES, G., MANRIQUE, J. Y RUIZ, M.L. (1995): "Noticias para plantear problemas". Alambique. Didáctica de Ciencias Experimentales, nº 5, 59-65.
- AUSUBEL, D.P. (1978): "Psicología educativa: un punto de vista cognitivo". Trillas, México.
- CABALLER, M.J. Y GIMÉNEZ, I. (1995): "Cambiando el método. Actividades prácticas derivadas del planteamiento de problemas, diseños experimentales basados en el control de variables". Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales nº 3, 102-107.
- CABALLER, M.J.; GIMÉNEZ, I. Y MADRID, A. (1995): "La enseñanza de la Biología y la resolución de problemas". Alambique. Didáctica de Ciencias Experimentales nº 5, 53-58.
- CALATAYUD, L.; FURIÓ, C.; HERNÁNDEZ, J.; GIL, D.; ORTIZ, E.; SEVILLA, C. Y SOLER, V. (1980): "Trabajos prácticos de Química como pequeñas investigaciones". ICE, Valencia.
- CALATAYUD, L.; GIL, D.; GINER, F.; ORTIZ, E.; SERO, E. Y SEVILLA, C. (1980): "Trabajos prácticos de Física como pequeñas investigaciones". ICE, Valencia.
- CALATAYUD, M.L.; CARBONELL, F.; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C.; GIL, D. (1988): "La construcción de las Ciencias Físico-Químicas". Anexo sobre la Resolución de problemas como investigación. NAU Llibres.
- CARRASCOSA, J. (1995): "Trabajos prácticos de Física y Química como problemas". Alambique. Didáctica de Ciencias Experimentales, nº 5, 67-76.
- CONTRERAS, L.C. (1987): "La resolución de problemas, ¿una panacea metodológica?". Enseñanza de las Ciencias, 5(1), 49-52.
- FERNÁNDEZ, J. Y ELÓRTEGUI, N. (1996): "Qué piensan los profesores de cómo se debe enseñar Ciencia". Enseñanza de las Ciencias 14(3), 331-342.
- FUERTES, J.F. (1993): "Algunas consideraciones sobre el "sencillo ejercicio" propuesto por

- D. Gil et al. en un artículo reciente de esta revista". Rev. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, nº 7, 81-88.
- FURIÓ, C. Y HERNÁNDEZ, J. (1987): "La resolución superficial de problemas de Química: un ejemplo estequiométrico". Enseñanza de las Ciencias, Nº Extra, 199-200.
- FURIÓ, C., ITURBE, J. Y REYES, J.V. (1995): "¿Cuanto contaminará una central térmica que funciona con fuel? Un ejemplo de resolución de problemas como investigación. Alambique. Didáctica de Ciencias Experimentales nº 5, 27-36.
- FURIÓ, C., ITURBE, J. Y REYES, J.V. (1994): "Contribución de la resolución de problemas como investigación al paradigma constructivista de aprendizaje de las ciencias". Investigación en la Escuela nº 24, 89-100.
- GARCÍA, R.M. Y FAVIERES, A. (1995): "Aprender y enseñar problemas de Física y Química. Una propuesta metodológica más". Alambique. Didáctica de Ciencias Experimentales nº 5, 47-52.
- GARCÍA, J.E. Y PORLÁN, R. (1990): "Cambio escolar y desarrollo profesional: un enfoque basado en la investigación en la escuela". Investigación en la Escuela nº 11, 25-37.
- GARCÍA CRUZ, J.A. Y COL. (1986): "Borrador del perfil de Matemáticas. Reforma de las Enseñanzas". Consejería de Educación Gobierno de Canarias.
- GARRET, R.M. (1988): "Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de Ciencias". Enseñanza de las Ciencias 6(3), 224-230.
- GARRET, R.M. (1987): "Problem-solving, creativity and originality". Journal European Science Education.
- GARRET, R.M. (1995): "Resolver problemas en la enseñanza de las Ciencias". Alambique. Didáctica de Ciencias Experimentales nº 5, 6-15.
- GIL, D. (1982): "Los trabajos prácticos como pequeñas investigaciones". La investigación en el aula de Física y Química. Anaya. Madrid.
- GIL, D. (1986): "La Didáctica de la resolución de problemas en cuestión". III Congreso Asociación Canaria Enseñanza de las Ciencias. Las Palmas de Gran Canaria.
- GIL, D. Y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1987): "La resolución de problemas de Física y Química. Una didáctica alternativa". Vicens Vives-MEC.
- GIL, D., DUMAS, A., CAILLOT, M., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. Y RAMIREZ, L. (1988): "La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación".

- Investigación en la Escuela nº 6, 3-19.
- GIL, D.; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C. Y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. ( ): "La enseñanza de las Ciencias en la educación secundaria". HORSORI. ICE Universidad de Barcelona.
- GIL, D.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. Y SENENT, F. (1988): "El fracaso en la resolución de problemas de Física: una investigación orientada por nuevos supuestos". Enseñanza de las Ciencias 6(2), 131-146.
- GIL, D., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. Y SENENT, F. (1988): "Actitudes y expectativas del profesorado ante la resolución de problemas de Física". Enseñanza de las Ciencias, Nº Extra, 205-6.
- GIL, D.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.; RAMÍREZ, L.; DUMAS-CARRÉ, A., GOFARD, M. Y PESSOA, A.M. (1992): "La didáctica de la resolución de problemas en cuestión: elaboración de un modelo alternativo". Rev. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, nº 6, 73-85.
- GIL, D., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., RAMÍREZ, L., DUMAS-CARRÉ, A., GOFARD, M. Y PESSOA, A.M. (1993): "Vamos a atravesar una calle de circulación rápida y vemos venir un coche: ¿pasamos o nos esperamos?". Rev. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, nº 7, 71-80.
- GIL, D. (1993): "Respuesta a la nota de J. Félix Fuertes". Rev. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, nº 7, 89-90.
- GIMENO, J. (1981): "Teoría de la enseñanza y desarrollo curricular". Anaya, Madrid.
- GISBERT, M. (1985): "Método de resolución de problemas de Física y Química". Enseñanza de las Ciencias, Nº Extra, 213-315.
- KEMPA, R.F. (1986): "Resolución de problemas de química y estructura cognitiva". Enseñanza de las Ciencias, 4(2), 99-110.
- LÓPEZ RUPEREZ, F. (1991): "Organización del conocimiento y resolución de problemas en Física". MEC. Madrid.
- MARTÍNEZ AZNAR, M.M. (1990): "Perspectivas sobre tipos y resolución de problemas". Actas Congreso de Investigación en la Escuela sobre Cambio Educativo y Desarrollo Profesional, 38-43. Febrero, Sevilla.
- MARTÍNEZ SANTOS, S. (1989): "Estructura curricular y modelos para la innovación". Ed. Nieva.

- OÑORBE, A.M. (1989): "Sólo ante el problema". Cuadernos de Pedagogía, 175, 12-15.
- OÑORBE, A.M.; ANTA, G.; FAVIERES, A.; GARCÍA-VAZQUEZ, R.M.; MANRIQUE, M.J. Y RUIZ, M.L. (1993): "Resolución de Problemas de Física y Química. ESO. Una propuesta de enseñanza-aprendizaje". Akal. Madrid.
- OÑORBE, A. (1995): "La resolución de problemas". Alambique. Didáctica Ciencias Experimentales, nº 5, 4-5.
- OÑORBE, A. (1995): "Bibliografía: la resolución de problemas". Alambique. Didáctica Ciencias Experimentales, nº 5, 77-80.
- PERALES PALACIOS, F.J. (1993): "La resolución de problemas una revisión estructurada". Enseñanza de las Ciencias. 11 (2), 170-178.
- POMÉS RUIZ, J. (1991): "La metodología de resolución de problemas y el desarrollo cognitivo: un punto de vista postpiagetano". Enseñanza de las Ciencias, 9(1), 78-82.
- POZO, J.I.; PUY, M.; DOMINGUEZ, J.; GÓMEZ, M.A. Y POSTIGO, Y. (1994): "La solución de problemas". Aula XXI. Santillana. Madrid.
- POZO, J.I., POSTIGO, Y. Y GÓMEZ CRESPO, M.A.(1995): "Aprendizaje de estrategias para la solución de problemas en Ciencias". Alambique. Didáctica de Ciencias Experimentales, nº 5, 16-26.
- SÁNCHEZ JIMÉNEZ, J.M. (1995): "Comprender el enunciado. Primera dificultad en la resolución de problemas". Alambique. Didáctica de Ciencias Experimentales, nº 5, 37-45.
- SIGUENZA, A.F. Y SÁEZ, M.J. (1990): "Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza en la Biología". Enseñanza de las Ciencias, 8(3), 223-230.
- VALDÉS CASTRO, P. Y VALDÉS CASTRO, R. (1993): "Problemas experimentales de Física". Rev. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, nº 7, 91-100.
- VARELA NIETO, P. (1994): "La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. Aspectos didácticos y cognitivos". Tesis Doctoral Univ. Complutense de Madrid.