

LA UTILIZACIÓN DE UN MODELO DE PLANIFICACIÓN DE UNIDADES DIDÁCTICAS: EL ESTUDIO DE LAS DISOLUCIONES EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

SÁNCHEZ BLANCO, G., DE PRO BUENO, A. y VALCÁRCEL PÉREZ, M.A.V.
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación.
Universidad de Murcia. 30100 Murcia.

SUMMARY

The planning of didactic units is an element of reflection for teachers which allows the integration of both their scientific knowledge and their experiential skills. This study focus on the implementation of a planning model based on five tasks: the analysis of scientific content and the learning content which is derived from it (conceptual, procedural and attitudinal), the analysis of the problems involved in the learning of it (previous ideas and operational skills), the setting of the learning aims, the selection of the didactic strategies and the establishment of evaluative strategies. The model is applied to the Solutions in Secondary School.

INTRODUCCIÓN

La didáctica de las ciencias experimentales se ha desarrollado de una forma vertiginosa en los últimos años en nuestro contexto educativo. Factores como la institucionalización de los correspondientes departamentos universitarios, la proliferación de trabajos de investigación, la aparición de tesis doctorales, la difusión de los resultados en revistas especializadas y la comunicación de experiencias en reuniones de profesores y especialistas... han contribuido a dar un impulso importante a este ámbito del conocimiento.

Un análisis detallado de las contribuciones realizadas y de las perspectivas de desarrollo fue realizado por Gil (1994). Sin embargo, la producción ha sido muy diversificada y empieza a extenderse una idea «casi consustancial» con la investigación educativa: la escasa trasfe-

rencia real de estos avances en el aula. Es cierto que, detrás de este tipo de afirmaciones, hay causas de difícil justificación o externas al problema: dificultades para acceder a nuevos planteamientos e ideas, arraigo de creencias y hábitos muy discutibles sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje, contextos desmotivadores para el cambio... Pero creemos que también puede haber influido que la necesidad de atomizar la investigación distorsiona el significado de las conclusiones e impide, muchas veces, el establecimiento de relaciones entre hallazgos aparentemente «dispersos».

En este contexto, nos parece necesaria la realización de trabajos sobre planificación de unidades didácticas, ya que el proceso de elaboración permite la integración de elementos como: la profundización en los conocimien-

tos científicos, la incorporación de hallazgos didácticos y, por supuesto, la propia experiencia práctica de los profesores. En este trabajo pretendemos:

– ejemplificar la aplicación de un modelo de planificación que fue fundamentado anteriormente (Sánchez y Valcárcel, 1993);

– facilitar elementos de reflexión para el diseño de uno de los temas que deben ser abordados en la educación secundaria (entre otros niveles);

– integrar aportaciones de la investigación didáctica en una tarea habitual de los profesores en ejercicio: la preparación de su intervención en el aula.

Nos centraremos en un caso concreto: el estudio de las disoluciones. Al respecto, hay que señalar que la secuenciación de tareas a realizar es la misma que en otras unidades: análisis científico, análisis didáctico, selección de objetivos, selección de estrategias didácticas y evaluación (ya lo hicimos en García et al., 1995). No obstante, existen unos aspectos específicos del contenido académico que determinan, como veremos, unas reflexiones singulares sobre el tema en cuestión.

ANÁLISIS DEL CONTENIDO CIENTÍFICO: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ACADÉMICO

Los programas oficiales de la educación secundaria contemplan el estudio de las disoluciones, dentro del contexto de los sistemas materiales, en el bloque temá-

tico 1: «Diversidad y estructura de la materia» (MEC, 1989); en el cuadro I aparecen sintetizados. Se identifican contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales y, como en otros casos, su formulación ambigua permite y exige unas decisiones del profesorado que debe seleccionar y secuenciar qué conocimientos va a poner en juego en su intervención en el aula.

Pensamos que la diferenciación del contenido de enseñanza en conceptual, procedimental y actitudinal tiene un carácter fundamentalmente pedagógico (Coll et al., 1992); de hecho, permite una toma de conciencia de las diferentes facetas de la enseñanza de las ciencias, ya que no debe centrarse sólo en uno de ellos (normalmente en el conceptual) ni olvidar que el conocimiento científico supone la integración de los tres tipos.

Como ya dijimos (Sánchez y Valcárcel, 1993), uno de los objetivos del análisis científico en nuestro modelo de planificación es la estructuración del contenido de las unidades didácticas, mediante la explicitación de los esquemas conceptuales que pretendemos que adquieran los alumnos. Puesto que el aprendizaje de estas estructuras sólo es posible ampliando el significado de los conceptos implicados, el profesor debe comprender que la selección de unos contenidos u otros no es irrelevante, ya que va a definir, entre otros aspectos, la duración, la amplitud y la complejidad de lo que va a enseñar.

Para la selección de los contenidos de la unidad didáctica, hemos de tener en cuenta aquéllos que se consideren necesarios para identificar el objeto o fenómeno que se estudia, los que permitan interpretarlo y, por último, aquéllos que consideremos adecuados para mostrar la utilidad del conocimiento anterior, a través de su aplicación y trasfencia al estudio de fenómenos relacionados

Cuadro I
Contenidos curriculares.

Conceptos	Procedimientos	Actitudes
1. Características de los sistemas materiales. Propiedades más importantes. Estados de agregación. Sistemas homogéneos y heterogéneos. 2. Disoluciones, sustancias puras y elementos químicos. 3. Discontinuidad de los sistemas materiales. Teoría atómica. Naturaleza eléctrica de la materia.	1. Manejo de instrumentos de medida sencillos (balanza, probeta, termómetro, etc.) estimando el error cometido. 2. Expresión de la concentración de una disolución (% en peso, % en volumen, g/l). 3. Utilización de procedimientos físicos basados en las propiedades características de las sustancias puras, para separar éstas de una mezcla. 4. Identificación de... algunas mezclas importantes por su utilización en el laboratorio, la industria y la vida diaria.	1. Reconocimiento de la importancia de los modelos y de su confrontación con los hechos empíricos.

o a través de la resolución de problemas que permitan mostrar el carácter funcional de los aprendizajes y la relación ciencia-tecnología-sociedad.

Al plantearnos los contenidos relacionados con la *Identificación de las disoluciones*, diferenciamos que pueden considerarse como sistema material y como proceso físico.

a) Es un sistema material. En este caso, las ideas clave serían:

- es una mezcla homogénea;
- tiene unas propiedades características;
- se caracterizan por su concentración;
- pueden clasificarse según unos determinados criterios (naturaleza, concentración, estado de agregación...).

b) Es un proceso físico. Al respecto, habría que trabajar:

- la naturaleza espontánea del proceso y la solubilidad;
- los posibles factores que afectan al estudio cinético (temperatura, presión y superficie de contacto);
- el principio de conservación de la masa;
- el carácter reversible del proceso (vaporización y cristalización).

Estos contenidos tienen un carácter descriptivo y permiten conocer las propiedades o funciones características

de las disoluciones. Incluyen, por tanto, los hechos, conceptos, principios y leyes que consideramos relevantes para el diseño de nuestra unidad didáctica.

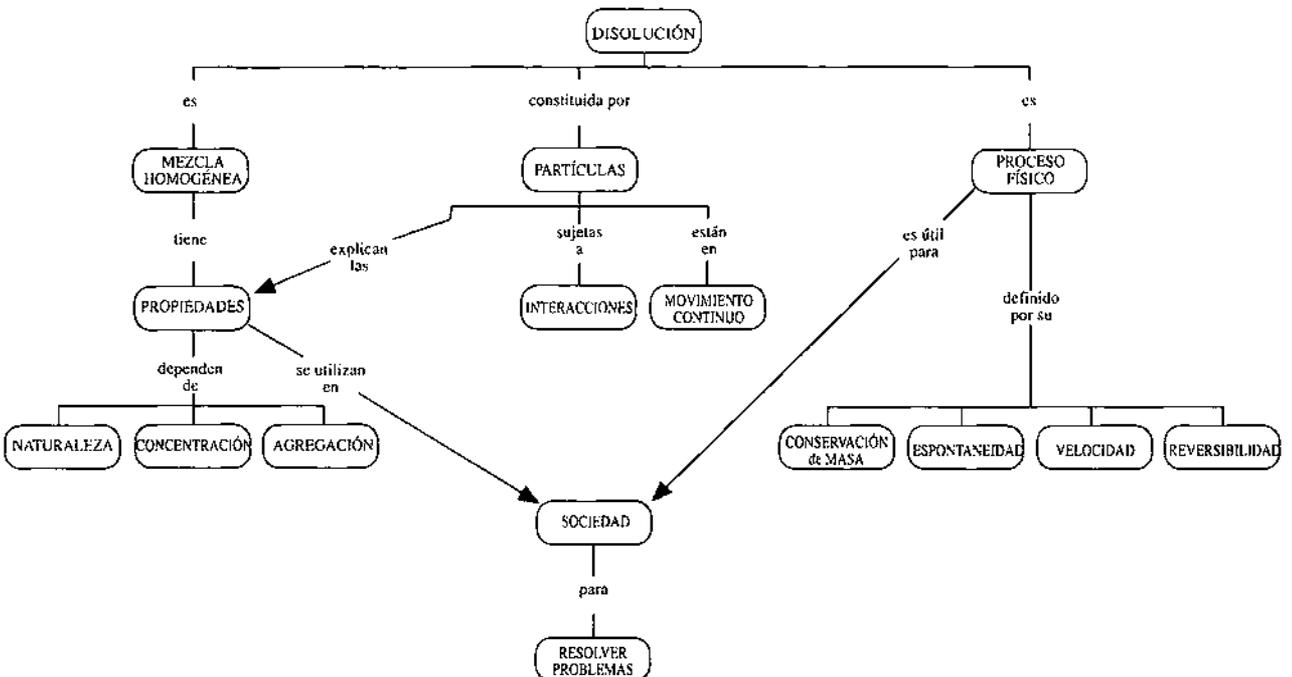
Al plantearnos los contenidos de *Interpretación de las disoluciones*, nos centramos en aquéllos que son necesarios para explicar por qué se producen y cómo se puede interpretar. Seleccionamos, por tanto, modelos o teorías que nos permitan ir más allá del conocimiento de aspectos perceptibles del fenómeno y nos justifiquen su comportamiento. Desde el modelo discontinuo de la materia, habrá que incidir en:

- los sistemas materiales están constituidos por partículas;
- en los sistemas materiales se producen interacciones y movimientos de las partículas;
- entre las partículas existen espacios vacíos.

Para mostrar la funcionalidad de los contenidos anteriores y las relaciones ciencia-tecnología-sociedad, seleccionamos los de *Aplicación de las disoluciones*. Desde el conocimiento de la realidad más próxima, se podrían aplicar a:

- la preparación de disoluciones útiles en la vida cotidiana.
- la separación de componentes (salinas, petróleo...);
- el estudio del problema de la contaminación del agua;
- los fundamentos del uso de anticongelantes...

Figura 1



Dado que la identificación, interpretación y aplicación, entendida como transferencia a otras situaciones, corresponden a tres niveles de conocimiento de complejidad creciente, creemos necesario abordar su estudio de manera secuenciada y mostrar, dentro de la unidad didáctica, estas diferencias en la intencionalidad del contenido seleccionado.

Conceptos: delimitación del esquema conceptual

Elegidos los contenidos, la explicitación del esquema conceptual nos permite establecer los conceptos y las relaciones más relevantes de los mismos. Pero también nos ayuda a seleccionar los materiales de enseñanza, ya que nos obliga a dirigir la atención a un número limitado de ideas y también a guiarnos en la secuenciación de los conocimientos, puesto que se pueden observar rutas de aprendizaje.

Una representación de las relaciones entre dichos contenidos, utilizando las técnicas de Novak y Gowin (1988), aparece en la figura 1. No obstante, un desarrollo más detallado de las ideas que hemos resaltado aparece en las figuras 2, 3 y 4.

La amplitud de los esquemas hace aconsejable la distribución de los contenidos en dos unidades didácticas; la segunda completaría el esquema trabajado en la primera de acuerdo con el planteamiento de desarrollo del currículo en espiral en niveles sucesivos. La especificación de ambas, la realizamos tras el análisis de las características de los alumnos a los que va dirigida nuestra propuesta.

Procedimientos

Ya delimitamos qué eran los contenidos procedimentales y algunas posibles técnicas de identificación y secuenciación (Pro, 1995). En este trabajo, utilizaremos los cuatro interrogantes fundamentales de Novak y Gowin (1988) que permiten un análisis de las relaciones existentes entre los ámbitos teórico y metodológico, desde el propio conocimiento científico implicado, lo que supone plantearse sobre el objeto de estudio:

- a) ¿cuál es la pregunta central o determinante? (qué queremos estudiar sobre él);
- b) ¿cuál es el marco teórico-conceptual que subyace en dicha pregunta y guía la selección del acontecimiento que va a ser el centro de interés?;
- c) ¿qué procedimientos o métodos de investigación se pueden utilizar para dar respuesta a la pregunta planteada?;
- d) ¿cuáles son las afirmaciones de conocimiento a las que queremos llegar?

Aplicar estas cuatro preguntas a los diferentes contenidos seleccionados sobre las disoluciones nos facilita

determinar qué procedimientos (*c*) están más relacionados con lo que se plantea (*a*) y con los nuevos conocimientos que queremos que el alumno construya (*d*), conectándolos con aquéllos que ya posee (*b*). El establecimiento de este tipo de relaciones entre los marcos conceptual y procedimental ayuda al estudiante a dar significado a los contenidos.

Consideremos, por ejemplo, la cuestión: ¿Qué factores afectan a la solubilidad de sólidos y líquidos? (*a*). El alumno entiende la pregunta si conoce los conceptos clave implicados en ella (*b*); en este caso, «solubilidad», «sólido» y «líquido», le permiten seleccionar la preparación de disoluciones de diferentes sólidos en líquidos para estudiar en éstas la influencia de posibles factores. Los procedimientos que se pueden utilizar para dar respuesta a lo planteado podrían ser (*c*): emisión de hipótesis y predicciones sobre los posibles factores, identificación y control de variables que intervienen en el proceso de disolución, diseño y realización de experiencias para contrastar la hipótesis, recogida y tratamiento de datos que faciliten la interpretación y establecimiento de conclusiones y elaboración del informe. La utilización de estos procedimientos facilitaría el acceso a las afirmaciones sobre el conocimiento (*d*) como, por ejemplo, «la solubilidad de sólidos en líquidos aumenta al aumentar la temperatura». No obstante, dadas las limitaciones obvias de espacio, nos centramos en el primer y tercer interrogantes.

En el cuadro II aparecen sintetizados algunos de los posibles contenidos. En la primera columna aparecen las preguntas centrales a las que hicimos referencia y en la segunda, los procedimientos propiamente dichos. Entre éstos se han distinguido los procesos básicos de los integrados, dado que las exigencias cognitivas son diferentes y, por lo tanto, también lo son sus dificultades de adquisición por parte de los alumnos. Es importante resaltar que, igual que en los conceptuales, se pueden establecer grados de complejidad que hay que considerar en la secuenciación necesaria en el proceso de planificación (Shayer y Adey, 1984). Nos preocupa la escasa atención que se da a esta circunstancia cuando el profesor hace una selección de estos contenidos en una unidad didáctica, refiriéndose a ellos sólo en términos de presencia o ausencia...

En relación con los contenidos de interpretación, tenemos nuestras dudas sobre si la utilización de modelos interpretativos entraría dentro del marco conceptual; podría considerarse como una transferencia dentro del «conocimiento teórico» y no un contenido procedimental... Sin embargo, Klopfer (1979) o el mismo currículo oficial (MEC, 1993) lo identifican como un proceso de la investigación científica. Como no es objeto de este trabajo entrar en la polémica, sólo queremos incidir en la importancia que tiene la interpretación, desde un modelo, de los fenómenos implicados en el estudio de las disoluciones en nuestra propuesta.

En cualquier caso, se puede observar la gran cantidad de posibles contenidos procedimentales que tiene el tema. Parece necesaria una selección que parta de la relevancia

Cuadro II
Contenidos procedimentales.

<p>A) Identificación</p> <p><i>Preguntas centrales</i></p>	<p><i>Procedimientos científicos implicados</i></p>
<p>a) Sistema material</p> <p>¿Qué es una disolución?</p> <p>¿Qué propiedades tienen las disoluciones?</p> <p>¿Cómo se puede calcular la concentración de una disolución?</p> <p>¿Cómo se pueden clasificar las disoluciones?</p> <p>b) Proceso físico</p> <p>¿Qué se conserva en la preparación de una disolución?</p> <p>¿Cómo podemos estudiar la solubilidad?</p> <p>¿De qué factores depende la velocidad del proceso?</p> <p>¿Cómo podemos separar los componentes de la disolución?</p>	<p><i>Procesos básicos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Observación y descripción de sistemas materiales y proceso de disolución. - Establecimiento de criterios y clasificación de las disoluciones. - Medición de propiedades de las disoluciones. - Establecimiento de definiciones operacionales (concentración) y terminología científica. - Recogida, organización y tratamiento de datos acerca, por ejemplo, de la solubilidad de las sustancias en diferentes disolventes. - Predicciones sobre el comportamiento de disoluciones (p.e.: tipo de disolución que se formará en función de la naturaleza y cantidad de los componentes). - Realización de experiencias sencillas de preparación de disoluciones y separación de componentes. - Elaboración de informes y comunicación. - Consulta de fuentes de información. <p><i>Procesos integrados</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Emisión de predicciones e hipótesis sobre los factores que influyen en la solubilidad y en la velocidad del proceso de disolución. - Identificación y control de variables que intervienen en el proceso de disolución. - Diseño y realización de experiencias para contrastar hipótesis o la validez de las predicciones (p.e., factores de los que depende la concentración). - Recogida y tratamiento de datos (tablas, gráficas) y establecimiento de relaciones cuantitativas o cualitativas. - Interpretación de datos (factores que influyen en la solubilidad). - Elaboración de informes coherentes con el proceso seguido.
<p>B) Interpretación</p> <p><i>Preguntas centrales</i></p>	<p><i>Procedimientos científicos implicados</i></p>
<p>¿Cómo y por qué se produce una disolución?</p> <p>¿Por qué las propiedades se modifican en las disoluciones si cambiamos la concentración?</p> <p>¿Por qué unas sustancias son más solubles que otras en un disolvente dado?</p> <p>¿Por qué la solubilidad está influenciada por la naturaleza de los componentes, la presión y la temperatura?</p>	<p><i>Procesos integrados</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Utilización de modelos científicos (modelo particular de la materia). - Interpretación de datos a partir de un modelo. - Establecimiento de predicciones a partir del modelo. - Consulta de fuentes de información sobre el modelo. - Elaboración de informes sobre la interpretación del proceso.

científica y didáctica de los mismos; es decir, de la posibilidad de generar el mayor número de aprendizajes, a partir de las características de los alumnos.

Actitudes

Para el análisis de los contenidos actitudinales consideramos tres acepciones o campos: actitud hacia las ciencias (bastante relacionado con la idea ciencia-tecnología-sociedad), actitud científica en la construcción del conocimiento (más próxima a los contenidos procedimentales) y actitud ante el tema dentro del contexto escolar (donde se proyectan generalmente los factores menos específicos de la unidad didáctica).

En el cuadro III se recogen algunos de los posibles contenidos que se pueden incluir en el tema. Hay que resaltar que el aprendizaje de los mismos requiere intervenciones intencionadas, puesto que vienen determinadas por un componente cognoscitivo o experiencial (Fishbein y Ajzen, 1980). Quizás, a diferencia de los anteriores, no se puede hablar de «aprendizaje secuencial», pero parece lógico que se seleccionen en función no sólo del contenido científico implicado sino también del desarrollo del resto de la asignatura. Por ello, algunos pueden considerarse que no son únicos de esta unidad didáctica.

ANÁLISIS DIDÁCTICO DE LOS CONTENIDOS: PROBLEMÁTICA DEL APRENDIZAJE

Como ya señalamos en nuestro modelo de planificación (Sánchez y Valcárcel, 1993), otra tarea fundamental es conocer las características cognitivas de los alumnos que deberán acceder a la información. Distinguíamos, entonces, dos aspectos como elementos prioritarios: el conocimiento de las ideas de los estudiantes y el análisis de las exigencias operatorias que demandan los contenidos que deben aprender.

Caracterización de las ideas previas de los alumnos

Las ideas previas de los estudiantes respecto a los contenidos implicados en esta unidad didáctica han sido recogidas y discutidas ampliamente en la literatura científica. Así, podemos referirnos a los de Novick y Nussbaum (1981), Brook y otros (1985), Fernández y otros (1988), Hierrezuelo y Montero (1988), Driver y otros (1989), Prieto y otros (1989), Llorens (1991), Pozo y otros (1991), Abraham y otros (1992)... Nosotros también hemos indagado, de forma sistemática, en las concepciones que tienen los alumnos sobre la disolución como sistema material (terminología de soluto y disol-

Cuadro III
Contenidos actitudinales.

Actitud hacia la ciencia	Actitud científica	Actitud hacia la materia
<ul style="list-style-type: none"> - Reconocimiento de la utilidad de los contenidos del tema para la mejora de la calidad de vida. - Reconocimiento de las relaciones existentes con otras partes de las ciencias. - Reconocimiento de la importancia del modelo interpretativo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ser capaz de explicitar y defender sus ideas aportando argumentos. - Ser creativo y razonable en la especificación de predicciones. - Ser riguroso y cuidadoso en la toma de datos experimentales. - Ser consciente de la utilidad de los diseños experimentales y para qué se realizan. - Ser coherente en las conclusiones inmediatas o extraídas a partir de hallazgos parciales. - Ser crítico ante la información contenida en documentos comerciales o en la publicidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora del autoconcepto y de la satisfacción por aprender. - Implicación en el sistema de trabajo utilizado. - Conciencia de que ha aprendido algo y de las dificultades que ha tenido para hacerlo.

vente, y de concentración), como proceso (conservación de la masa, reversibilidad del proceso y métodos de separación, y factores que le afectan) y como interpretación particular (Valcárcel y Sánchez, 1990).

Según estos hallazgos y nuestra experiencia como profesores, podemos establecer un perfil bastante aproximado de la problemática que podemos encontrar en alumnos de educación secundaria.

a) Respecto a la *disolución como sistema material*

– El reconocimiento de una disolución está condicionado por la naturaleza de los componentes (en el caso de líquido-líquido y gas-gas suele ser más frecuente la terminología de «mezcla»).

– El hecho de quedar sólido sin disolver condiciona el reconocimiento de la disolución (aun cuando suponga un cambio de color).

– La utilización de la terminología *soluto-disolvente* no presenta dificultades.

– Aparecen problemas entre conceptos como *mezcla heterogénea - disolución saturada, disolución insaturada - disolución diluida y concentrada*.

b) Respecto al concepto de *concentración*

– Para muchos, el concepto de *concentración* no es exclusivo de las disoluciones sino que también lo utilizan en otros sistemas materiales, lo que indica una indefinición del mismo.

– La confusión lenguaje cotidiano-terminología científica influye al relacionar la concentración con la fase sólida de la mezcla heterogénea resultante de no haberse disuelto todo el sólido añadido al disolvente.

– Suelen referirse sólo a un componente (soluto) al hablar de concentración; en este contexto, las propiedades y su variación suelen asignarse a uno de los componentes (soluto o disolvente) pero no al conjunto.

– Tienen problemas en la relación entre concentración y solubilidad cuando se introducen estos conceptos en el proceso de aprendizaje.

c) Respecto al *proceso de la disolución*

– Algunos alumnos consideran que la disolución siempre va acompañada por una transformación química, fundamentalmente del soluto, no admitiendo que pueda permanecer su naturaleza.

– Existe una evolución desde la creencia de que el proceso de disolución pierde masa hacia el principio de conservación de la masa.

– En muchos casos que llegan a la conservación de la masa, extrapolan dicha conclusión a la conservación del volumen.

– Muchos consideran que no se pueden separar los componentes de una disolución.

d) Respecto a la *interpretación del proceso de disolución*

– Los modelos interpretativos quedan reflejados al representar diagramas de la disolución (disolvente continuo y soluto como partículas).

– Suelen hacer una distribución ordenada de las partículas (como si se tratara de un cristal en el caso de disoluciones de sólidos en líquidos) o con la presencia de varias fases (un líquido arriba y otro abajo en el caso de disoluciones líquido-líquido, por ejemplo).

– No utilizan el modelo particular de la materia para explicar el proceso de disolución, ni hechos como la difusión, la coloración y la reducción de volumen.

Exigencias operatorias de los contenidos

Además de las características de las ideas de los alumnos hay que considerar —y pocas veces se hace— las exigencias operatorias de los contenidos implicados. Si analizamos los posibles conocimientos procedimentales de la unidad didáctica, podemos observar que implícitamente estamos demandando del alumno unos esquemas de conocimiento que le permitan aprenderlos. Por lo tanto, nos parece necesaria la explicitación de dichas exigencias como paso previo a la delimitación de qué vamos a enseñar.

Utilizamos las taxonomías de Shayer y Adey (1984) en relación con los diferentes aspectos del desarrollo de la interacción del niño con el mundo y, sobre todo, los esquemas operatorios necesarios para la comprensión de las ciencias. Puesto que los alumnos de secundaria suelen estar entre los niveles concreto avanzado (2B) y formal inicial (3A), nos fijaremos en las características de este intervalo evolutivo. Podemos ver ejemplos en el cuadro IV.

Como se puede apreciar, unas características comunes a todos son la dependencia del contexto en los conocimientos, la primacía de lo perceptivo frente al razonamiento, la supeditación al lenguaje cotidiano y las limitaciones propias del tránsito concreto-formal.

Implicaciones del análisis de la problemática del aprendizaje

Del análisis didáctico, tanto de las ideas de los alumnos como de las exigencias operatorias, se derivan también algunas *consecuencias inmediatas*:

a) Es necesario identificar disoluciones con solutos y disolventes con diferentes estados de agregación y utilizar diversos criterios de clasificación para una mayor profundización conceptual (estado de agregación de los componentes iniciales, estado de la fase resultante, pro-

Cuadro IV
Exigencias operatorias de los contenidos.

Exigencia operatoria	Características operatorias	Ejemplos de contenidos implicados
Conservación	<p>2B: Admite la conservación del peso (masa) y del volumen, sólo cuando es visible, de un sólido o de un líquido cuando cambia de forma o de recipiente. Puede constatar la conservación de la masa de una disolución en una experiencia.</p> <p>3A: Admite todas las conservaciones (masa, volumen, sustancia pura...). Puede constatar la dependencia del volumen con la naturaleza de la disolución.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Preparación de una disolución de unas determinadas características volumétricas. - Demostración de la conservación de la masa. - Demostración de la no-conservación del volumen. - ...
Condicionamientos matemáticos	<p>2B: Trabaja con operaciones elementales, aunque condicionado por el tipo de número (natural, entero...).</p> <p>3A: Usa relaciones funcionales sencillas, aunque no sea capaz de deducirlas. Se pueden utilizar unidades de concentración simples que no conlleven dificultades de cálculo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cálculo de la concentración de una disolución. - Especificación de las unidades en los cálculos. - ...
Equilibrio de sistemas	<p>2B: Identifica una variable en el equilibrio, aunque no se haya modificado, pero ésta debe ser simple. Puede reconocer la disolución como resultado de la interacción entre dos sistemas.</p> <p>3A: Distingue varias variables en equilibrio. Puede justificar el valor de la solubilidad como el límite de una situación de equilibrio, pero tiene problemas para comprender las relaciones entre la velocidad de precipitación y la de disolución.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Diferenciación entre disolución y mezcla no homogénea. - Identificación de disolución saturada y mezcla no homogénea. - Proceso de determinación de la solubilidad de una disolución. - ...
Control y exclusión de variables	<p>2B: Es capaz de estudiar los efectos de un factor pero sin controlar o excluir otros que puedan intervenir.</p> <p>3A: Ve la necesidad de controlar variables pero no es capaz de desarrollar una estrategia propia de control. Hay que facilitarles los diseños experimentales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio de los factores de los que dependen la velocidad de disolución. - Estudio de los factores de los que depende la solubilidad. - ...
Habilidades de investigación	<p>2B: Realiza ordenaciones de datos pero es incapaz de inferir relaciones cuantitativas por sí solo.</p> <p>3A: Necesita ayuda para deducir relaciones entre los datos y para organizar la información. Son necesarias cuestiones concretas que dirijan el análisis de los datos (experimentales o teóricos).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Recogida, organización y tratamiento de datos de la solubilidad de las sustancias en diferentes disolventes. - Recogida, organización y tratamiento de datos para estudiar las propiedades de una disolución (densidad, temperatura de ebullición, conductividad...).
Uso de modelos	<p>2B: Organiza la realidad mediante nociones no estructuradas y ambiguas.</p> <p>3A: Utiliza modelos a nivel cualitativo pero los usa como algo verdadero. Se le puede proporcionar uno, pues es capaz de aplicarlo para dar interpretaciones y explicaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Utilización del modelo particular para interpretar cómo se produce una disolución. - Utilización del modelo particular para interpretar unas disoluciones insaturadas, saturadas y sobresaturadas. - ...

porción relativa de los componentes, proporción máxima...), analizando su compatibilidad y utilidad. En todo ello habría que contemplar, de forma especial, las consecuencias derivadas de las exigencias de equilibrio de sistemas ya mencionadas.

b) Es conveniente introducir el concepto de concentración partiendo de la proporcionalidad de los componentes, mostrando su utilidad para diferenciar sistemas de dos o más componentes iguales y desligándolo de la acepción de «estar más juntos», propia del lenguaje de la calle. Por otro lado, habrá que utilizar unidades de concentración que no presenten grandes dificultades de cálculo.

c) Es preciso demostrar experimentalmente el principio de conservación de la masa y que no es extensible al volumen. No obstante, habrá que facilitarles una guía para los diseños experimentales, dadas las limitaciones operatorias que pueden tener inicialmente.

d) Se debe mostrar la necesidad de interpretar un proceso de disolución mediante un modelo particular de la materia a partir de la explicación de fenómenos constatables experimentalmente pero siempre insistiendo en su carácter hipotético y explicativo.

e) Habrá que realizar trabajos experimentales que muestren la dependencia de las propiedades con la concentración, justificándola a partir del modelo particular. Estos trabajos precisarán de cuestiones concretas que dirijan el análisis de los datos.

f) Abordar técnicas de separación evidenciará el carácter reversible del proceso de disolución y también que la reversibilidad es una consecuencia de que permanece la naturaleza de los componentes.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

La explicitación de objetivos en nuestro modelo de planificación surge como integración del análisis científico y del análisis didáctico realizado (Sánchez y Valcárcel, 1993). Así, por ejemplo, a partir del análisis del contenido científico, nos podemos plantear como objetivo de aprendizaje de los alumnos «reconocer que el proceso de disolución está sujeto al principio de conservación de la masa». Ahora bien, si consideramos las características de las ideas previas de los estudiantes, que hacen extensible al volumen el principio de conservación de la masa e, incluso, que son capaces de interpretarlo «coherentemente» con el modelo particular que utilizan, tendremos que reconsiderar dicho objetivo, incluyendo específicamente su no extensión a la conservación del volumen.

Otro ejemplo sería si, a partir del análisis científico, decidimos incluir en nuestra propuesta «estudiar la dependencia de algunas propiedades específicas con la concentración». Habrá que contemplar que, entre sus

características operatorias, los alumnos de estos niveles educativos pueden estudiar los efectos de un factor sin controlar otras variables o que no suelen ser capaces de desarrollar una estrategia propia de control. Igual que en el caso anterior, tendremos que replantearnos el objetivo correspondiente concretando «a través de diseños experimentales guiados por el profesor, resaltando la importancia del control de las variables implicadas».

De esta forma podemos concretar los posibles objetivos a considerar con este contenido de enseñanza. Su formulación responde a capacidades que se esperan desarrollar en los alumnos como consecuencia de los aprendizajes que realicen. Los distribuimos en las dos unidades didácticas mencionadas para dos cursos o niveles consecutivos.

Primer nivel

– Diferenciar el doble significado del término disolución: sistema material y proceso físico.

– Distinguir las disoluciones de otros sistemas materiales como mezcla homogénea de sustancias puras que puede ser sólida, líquida o gas.

– Conocer la importancia del concepto científico de concentración (diferente al cotidiano) para la identificación de una disolución y de sus propiedades, y utilizar unidades sencillas que no conlleven dificultades adicionales de cálculo.

– Clasificar las disoluciones según diferentes criterios (naturaleza soluto/disolvente, concentración, estado de agregación) y apreciar la utilidad de estas clasificaciones.

– Utilizar el concepto de solubilidad como la concentración de la disolución saturada y mostrar un procedimiento sencillo de determinación experimental.

– Realizar experiencias guiadas para comprobar la dependencia de algunas propiedades (densidad, temperatura de cambio de estado ...) con la concentración, resaltando el control y exclusión de variables.

– Plantear situaciones experimentales y dar explicaciones, mediante la aplicación del modelo particular, de algunos aspectos del comportamiento de las disoluciones, como la dependencia de las propiedades de la concentración.

Segundo nivel

– Reconocer que el proceso de disolución es el resultado de la interacción de sistemas, que es espontáneo, y cuál es el límite de la solubilidad en la situación de equilibrio.

– Preparar disoluciones y estudiar la dependencia de la solubilidad con diversos factores (naturaleza, temperatura, presión).

Modelo particular	- ¿Qué modelo utilizamos para interpretar qué es una disolución y la dependencia de las propiedades con la concentración o naturaleza de sus componentes?	- Establecer los elementos característicos del modelo particular. - Interpretar las disoluciones y los tipos de disoluciones con el modelo particular. - Interpretar las propiedades y sus dependencias, utilizando el modelo particular.
Solubilidad	- ¿Cómo se pueden clasificar las disoluciones según su proporción máxima? - ¿Qué es la solubilidad?	- Clasificar las disoluciones según la proporción máxima. - Introducir el concepto de solubilidad como la concentración de la disolución saturada. - Realizar una experiencia de cátedra para determinar la solubilidad de una disolución. - Interpretar la solubilidad desde el modelo particular.
APLICACIÓN	Aplicación de los conocimientos para clasificar tipos de sistemas materiales del entorno	- Realizar un trabajo individual y puesta en común en el gran grupo: dados una serie de sistemas materiales cotidianos (granito, niebla, acero, gaseosa, mármol, limonada...), deben indicar tipo de sistema material, componentes, estado de agregación, identificar soluto y disolvente (en las disoluciones) y elementos o compuesto químico (en las sustancias puras).
	Resolución de un problema abierto donde se impliquen el concepto de concentración y el procedimiento de preparación de una disolución	- Realizar un trabajo individual y puesta en común en el gran grupo: qué cantidad de sulfato de cobre hay que añadir a una piscina para impedir que se formen algas.
	Resolución de cuestiones y problemas mediante la utilización de una tabla de solubilidades y del concepto de concentración	- Realizar una hoja de trabajo en pequeños grupos y puesta en común donde deben predecir, a partir de datos de solubilidades de sustancias en disolventes dados: <ul style="list-style-type: none"> • si pueden preparar experimentalmente una disolución con una determinada concentración; • cuál será el sistema resultante al mezclar cantidades de soluto y disolvente; • en qué disolvente podríamos obtener una disolución más concentrada de los solutos; • calcular concentraciones de disoluciones saturadas en diferentes unidades.
	Realización de un informe a partir de consulta bibliográfica y documentación de casas comerciales sobre el empleo de anticongelantes en los circuitos de refrigeración de los coches	- Realizar un informe sobre los anticongelantes en pequeños grupos y puesta en común, a partir de bibliografía y documentos de casas comerciales (qué son, de qué se componen, cómo funcionan, qué problemas tratan de resolver).
REVISIÓN	- ¿Cómo podríamos realizar un mapa conceptual de los conceptos estudiados?	- Construir un mapa conceptual de los contenidos abordados, partiendo de las ideas del gran grupo y clarificando los conocimientos confusos.
	- ¿Qué debemos modificar de las respuestas dadas en la explicitación de ideas?	- Realizar un trabajo en pequeños grupos y puesta en común en el gran grupo, donde deben indicar qué modificarían o ampliarían de las respuestas dadas en las hojas de explicitación.
	- ¿Qué hemos realizado a lo largo de la unidad didáctica? ¿Dónde han estado las mayores dificultades?	- Recordar las actividades realizadas y valorar su utilidad y la funcionalidad de los materiales. - Comentar dónde se han encontrado las principales dificultades.

Driver (1988) y Needham (1987). También aparecen los conceptos más relevantes con el fin de que se distingan más fácilmente en el desarrollo de la propuesta.

En la segunda columna se recogen las preguntas centrales a las que trata de dar respuesta con las actividades seleccionadas. Están implícitas la selección y secuencia-

Cuadro VI
Evaluación de la unidad didáctica.

Contenido de evaluación	Fase del desarrollo de la unidad didáctica	Estrategia o instrumento de evaluación
A1. Diagnóstico de ideas previas sobre disoluciones	Fase inicial: explicitación de ideas	- Cuestionario (individual, trabajo en grupos y puesta en común)
A.2. Evolución del conocimiento sobre disoluciones	Fases de nuevos conocimientos y aplicación	- Análisis y valoración de las hojas de trabajo realizadas en grupo - Puesta en común en el gran grupo - Ejercicios individuales en momentos seleccionados - Seguimiento de libretas de trabajo de forma periódica
A.3. Cambio conceptual y consecución de objetivos en la unidad didáctica de las disoluciones	Fase de revisión	- Contraste con el cuestionario inicial - Elaboración del mapa conceptual de las disoluciones - Ejercicio general de la unidad
B.1. Motivación e interés	Todas las fases	- Observación sistemática sobre la implicación del alumno - Valoración de los alumnos en la fase de revisión
B.2. Rentabilidad para el aprendizaje	Fase de nuevos conocimientos, aplicación y revisión	- Análisis de la utilidad de las actividades a partir de los resultados obtenidos por los alumnos - Valoración realizada por los alumnos de las dificultades encontradas en la fase de revisión
B.3. Adecuación temporal	Al terminar cada fase	- Contraste entre el tiempo previsto y el real
B.4. Claridad y comprensión de los materiales	Todas las fases	- Observación sistemática del grado de autonomía de trabajo que facilitan a los alumnos - Opinión del alumno sobre su utilidad y funcionalidad (claridad de la información, plan de trabajo, ayudas suministradas...) en la fase de revisión

ción de los contenidos realizados, tanto conceptuales como procedimentales. También se puede comprobar el paralelismo existente entre los interrogantes y los objetivos que hemos explicitado.

En la última, se indican las intenciones educativas que inspiran las estrategias de aprendizaje utilizadas y las actividades diseñadas. Hay diferentes tipos de actividades como explicaciones del profesor, trabajos experimentales, problemas abiertos, aplicación de conocimientos a situaciones cotidianas, ejercicios numéricos... y sus planteamientos implican distintas dinámicas organizativas del aula: trabajos individuales, en pequeños grupos, puesta en común en el gran grupo... En cuanto a los materiales escritos, se usan hojas de trabajo con el formato «programa-guía» por su facilidad para adaptarse a nuestros planteamientos metodológicos, intenciones educativas y estilo docente.

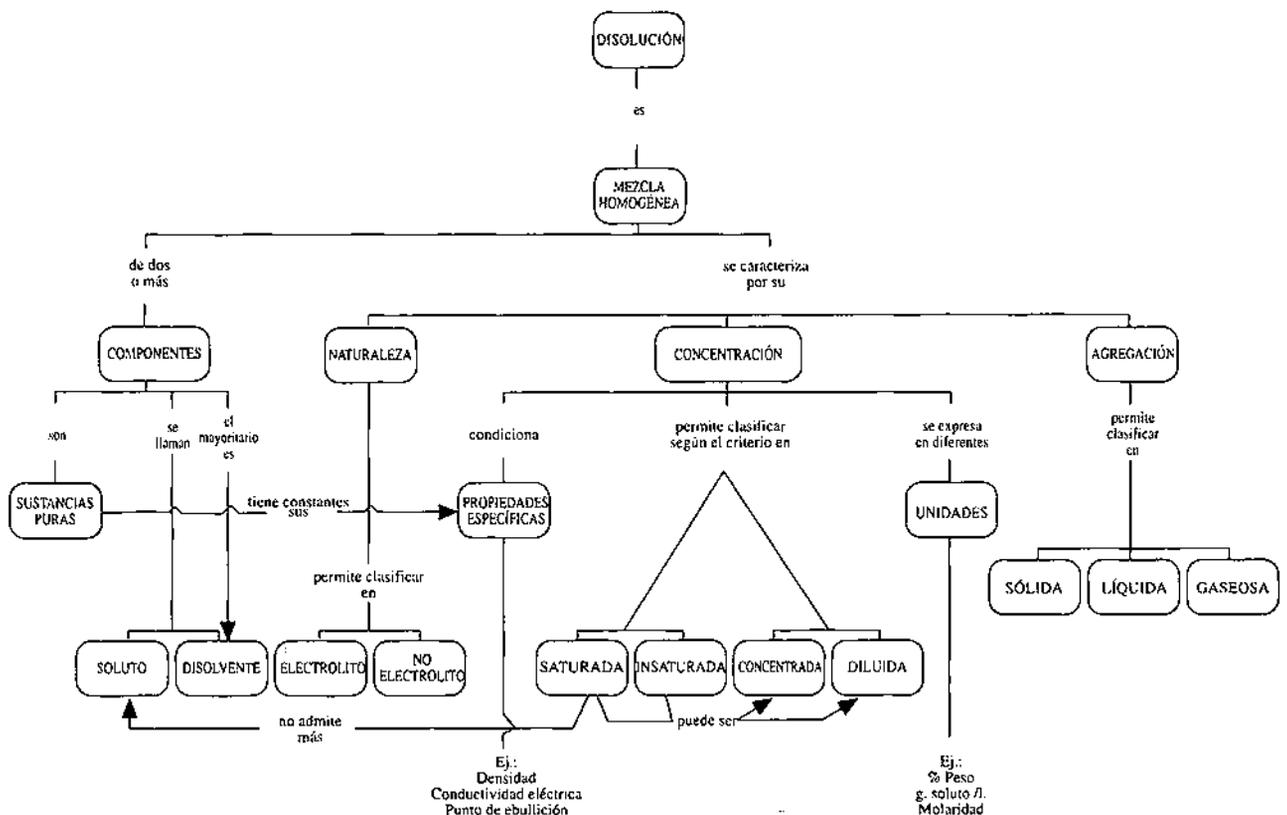
ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN

En nuestra estrategia de evaluación nos planteamos tanto la evolución de los conocimientos de los alumnos

como el desarrollo de la unidad didáctica en el aula. Pensamos que un seguimiento y una valoración adecuadas de ambos aspectos deben proporcionarnos una información útil para la retroalimentación adecuada de los estudiantes y para la mejora del propio proceso de enseñanza. En este sentido, destacamos qué vamos a evaluar:

- a) En relación con los conocimientos de los alumnos:
 - diagnóstico de las ideas previas sobre disoluciones;
 - evolución de las mismas durante el desarrollo de la unidad, sobre todo de las estructuras conceptuales, procedimientos y actitudes más relevantes;
 - cambio conceptual y grado de consecución de los objetivos de la unidad;
- b) En relación con el desarrollo de la propuesta didáctica:
 - motivación lograda por las actividades diseñadas;
 - rentabilidad de las mismas para el aprendizaje de los alumnos;

Figura 2



- adecuación al tiempo previsto;
- claridad y comprensión de los materiales escritos (hojas de trabajo, documentos de apoyo...).

Creemos que la recogida de información debe realizarse durante el propio proceso de la puesta en práctica de la unidad, ya que nos permite tomar decisiones inmediatas y modificar, si es necesario, su desarrollo. Esto no es posible si sólo tuviera un carácter terminal, que sí nos permitiría evaluar los resultados pero perdería su utilidad formativa y orientadora, elementos fundamentales desde nuestro planteamiento de la evaluación.

Lógicamente los instrumentos a utilizar pueden ser tan diversos como variados son los contenidos a evaluar: observaciones durante la realización de actividades, trabajos realizados por los alumnos, sus opiniones manifestadas en las puestas en común, ejercicios escritos o cuestionarios planteados individualmente... pero, en cualquier caso, sin perder de vista para qué estamos evaluando. Si creemos que sirve para algo más que la

calificación académica de los estudiantes, es preciso darle un sentido coherente con los planteamientos que «teóricamente» se defiendan.

En el cuadro VI aparecen esquematizados algunos elementos de nuestra propuesta para esta unidad didáctica (contenidos de evaluación, momento del desarrollo y estrategia o instrumentos utilizados).

Como puede verse, hay momentos en los que nos interesa la información de los grupos y otros que incidimos en datos más individualizados; hay veces que nos centramos en los aprendizajes generados y otras en cómo perciben o valoran la propuesta los alumnos... dependiendo, en gran medida, de la intencionalidad educativa con la que estamos realizándola. Por otro lado, pensamos que la evaluación debe estar integrada en el propio proceso de construcción del conocimiento; en este sentido, nos parece muy interesante la utilización del cuaderno de trabajo donde el alumno registre las actividades realizadas, las dificultades que ha tenido, sus aprendizajes... que constituyen datos de un gran valor para esta tarea.

Figura 3

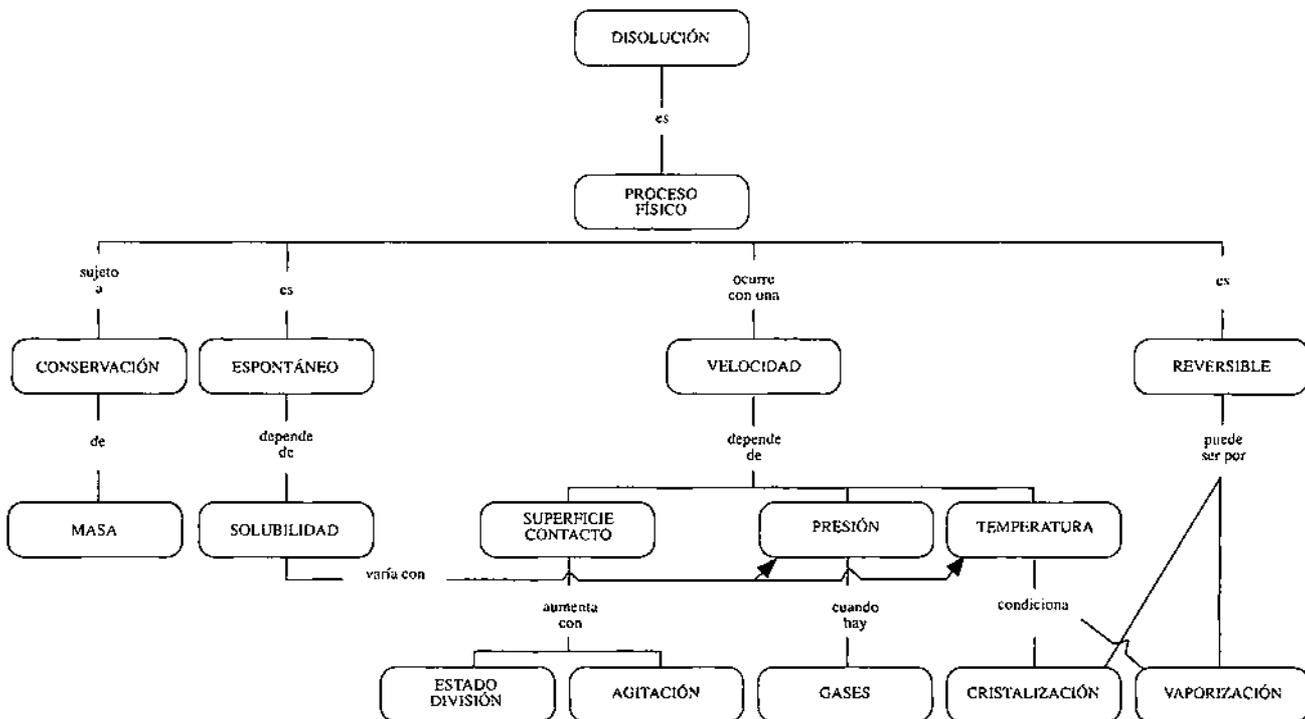
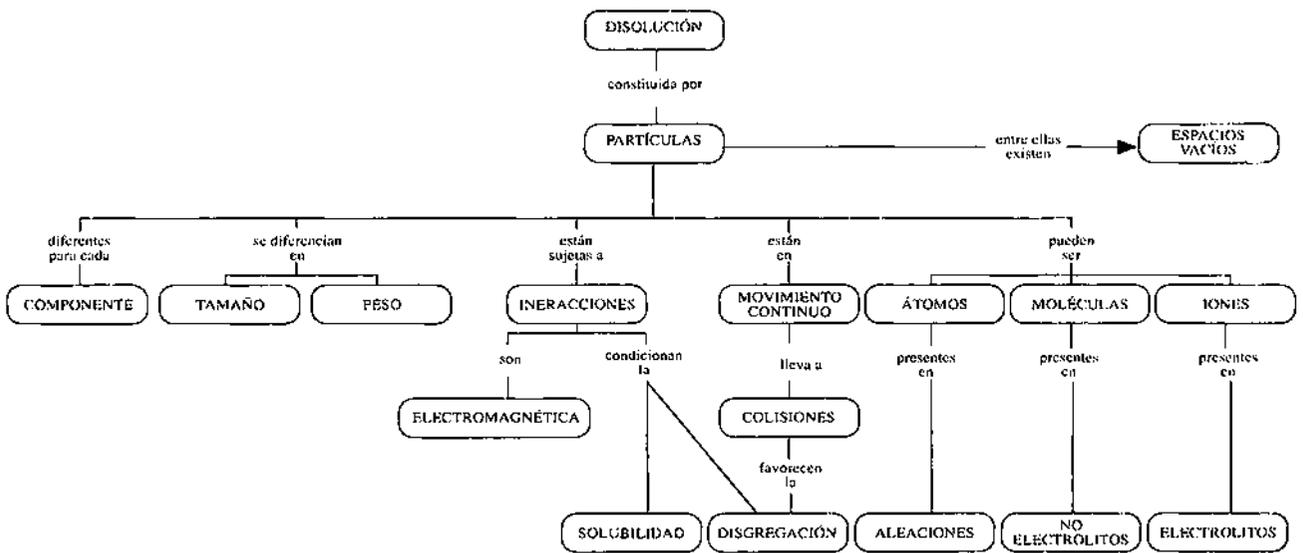


Figura 4



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, M.R. et al. (1992). Understanding and misunderstandings of eighth grades of five chemistry concepts found in textbooks. *Jour. Res. in Science Teaching*, 29(2), pp. 105-120.

BROOK, A., BRIGGS, H. y DRIVER, R. (1984). Aspects of secondary students' understanding of the particulate nature of matter. *CLIS Project*. Centre of Studies in Science and Mathematics Education. Leeds: University of Leeds.

COLL, C., POZO, I., SARABIA, B. y VALLS, F. (1992). *Los contenidos en la reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes*. Madrid: Santillana.

DRIVER, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 109-121.

DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHEN, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, pp. 196-224. Madrid: Morata-MEC

FERNÁNDEZ, J.M., TRIGUEROS, T. y GORDO, L. (1988). Ideas sobre los cambios de agregación y las disoluciones en alumnos de 2º de BUP. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), pp. 42-46.

FISHBEIN, M. y AJZEN, I. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Nueva Jersey: Prentice Hall.

GARCÍA, J.J., PRO, A. y SAURA, O. (1995). Planificación de una unidad didáctica: el estudio del movimiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), pp. 211-226.

GIL, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias. Realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, (2), pp. 154-164.

HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1988). *La ciencia de los alumnos. Su utilización en la didáctica de la física y de la química*, pp. 215-232. Barcelona: Laia-MEC.

KLOPFER, L. (1979). Evaluación del aprendizaje en ciencia, en *Evaluación del aprendizaje*, pp. 93-220. Buenos Aires: Troquel.

LLLORENS, J.A. (1991). *Comenzando a aprender química. Ideas para el diseño curricular*. Madrid: Aprendizaje-Visor.

MEC (1989). *Diseño curricular base. Educación secundaria obligatoria. Ciencias de la naturaleza*. Madrid: MEC.

MEC (1993). *Propuestas de secuenciación: Ciencias de la naturaleza*. Madrid: MEC.

NEEDHAM, R. (1987). Teaching strategies for development understanding in Science. *CLIS Project*. Centre of Studies in Science and Mathematics Education. Leeds: University of Leeds.

NOVAK, J. y GOWIN, D. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez-Roca.

NOVICK, S. y NUSSBAUM, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: a cross-age study. *Science Education*, 65 (2), pp. 187-196.

PRIETO, T., BLANCO, A. y RODRÍGUEZ, A. (1989). Explicaciones de los alumnos de la 2a. etapa de EGB sobre el concepto de reversibilidad del proceso de disolución. *Investigación en la Escuela*, 7, pp. 79-90.

PRO, A. (1995). Reflexión para la selección de contenidos procedimentales en ciencias. *Atambique*, 6, pp.77-87.

POZO, I., GÓMEZ, M.A., LIMÓN, M. y SANZ, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: CIDE-MEC.

SÁNCHEZ, G. y VALCÁRCEL, M.V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), pp. 33-44.

SHAYER, M. y ADEY, P. (1984). *La Ciencia de enseñar ciencias*. Madrid: Narcea.

VALCÁRCEL, M.V. y SÁNCHEZ, G. (1990). Ideas de los alumnos de diferentes niveles educativos sobre el proceso de disolución. *Investigación en la Escuela*, 11, pp. 51-60.

[Artículo recibido en febrero de 1996 y aceptado en octubre de 1996.]