

AUTORA:

María Isabel Torrecilla Daniel.

Dpto. de Física Aplicada. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial.

C/ María de Luna. Campus Río Ebro.

Tfno. 976762591. e-mail: utrillas@unizar.es

TÍTULO:

Innovación docente e investigación didáctica ¿Caminan de la mano?.

RESUMEN.

El artículo plantea la conveniencia de disponer de un marco teórico didáctico que guíe el proceso de innovación educativa que se está llevando a cabo en el seno de la Universidad. Expone un modelo de dicho marco (ni único ni totalmente elaborado) conocido como “didáctica fundamental” y describe su aplicación a un caso concreto de investigación ligada al saber “Ecuación de Clausius- Clapeyron”. Por último explicita alguna de las conclusiones generales obtenidas en esta última.

Aunque el modelo podría orientarse hacia la didáctica de otras disciplinas, el artículo se centra en la didáctica de las ciencias experimentales.

PALABRAS CLAVE:

Sistema didáctico, Transposición didáctica, Situaciones didácticas, Campo de prácticas.

I. INTRODUCCIÓN.

El imparable proceso de construcción del Espacio Europeo de Educación Superior ha acentuado el interés del profesorado universitario español por los procesos de enseñanza-aprendizaje y la necesidad (vivida casi con urgencia) de cambiar los métodos de enseñanza que, se reconoce, están centrados fundamentalmente en la primera parte del binomio.

La comisión para la renovación de las metodologías educativas en la Universidad del consejo de coordinación universitaria del M.E.C ha publicado (2006) “Propuestas para la renovación de las metodologías educativas en la Universidad”. En este trabajo – exhaustivo- la comisión propone 30 medidas que podrían tomarse para llevar a cabo dicha renovación y destaca, de entre ellas, aquéllas que concitan mayor acuerdo entre los distintos estamentos encuestados hasta ahora (Rectores, Decanos, Directores y miembros del propio seminario encargado del estudio). En mayor o menor grado, las

Universidades ya están llevando a cabo alguna de ellas. Sirva como ejemplo su interés por fomentar la participación del profesorado en proyectos de innovación docente y foros de intercambio de experiencias, así como el incremento de los programas de formación para profesorado universitario (estos últimos comandados fundamentalmente por los ICE's)

Los foros y debates resultan positivos en la medida que permiten poner en común las necesidades y/o dificultades que se presentan en nuestra tarea cotidiana y los resultados de experiencias individuales. Ahora bien ¿Toda innovación lleva automáticamente ligada una mejora en la calidad del sistema de enseñanza? ¿Es suficiente hablar en términos de metodologías activas, y colaborativas? La utilización de las TIC's ¿producen siempre mejoras en la adquisición del conocimiento? ¿Qué modelo didáctico guía nuestro trabajo? ¿Es suficiente aceptar los resultados obtenidos en el campo de la didáctica o podemos participar activamente en el desarrollo de este campo del saber? ¿Es válido el método de investigación basado en la investigación-acción? ¿Qué tipo de formación debería adquirir el profesorado para afrontar las reformas metodológicas con perspectivas de éxito?

Campanario, J.M. (2002) escribe un artículo significativo: “Asalto al castillo: ¿A qué esperamos para abordar en serio la formación didáctica de los profesores universitarios de ciencias?” En él se reseña que las primeras propuestas para la formación pedagógica de los docentes universitarios se plantean a finales de los años ochenta y que es en los años 90, a partir de la evaluación del profesor universitario, (primero a partir de las encuestas del alumnado y, más adelante, en el contexto de la evaluación institucional de la calidad de la universidad) cuando comienza a asumirse que la mejora de la enseñanza universitaria pasa, entre otras variables, por la formación pedagógica del su profesorado.

Es posible que el estímulo del EEES sirva para que dicha formación pase de “necesidad emergente” a “necesidad abordada sistemáticamente”.

Campanario, J.M. (2002) reflexiona sobre posibles errores que pueden cometer los expertos en didáctica al abordar la formación del profesorado universitario como:

hacerla, de momento, obligatoria; limitarla a cursos generales sobre educación, desconectados de los contenidos concretos de la propia didáctica de las ciencias; valorar más las líneas de investigación supuestamente más “complicadas” sobre otras más útiles de cara a la docencia directa; plantear los esfuerzos de formación como un parche que pueda resolver algún problema concreto puntual del profesorado

universitario sin cambiar las formas de actuar y de pensar y ofrecer soluciones-milagro.

El reto más difícil según Campanario (2002: 321) quizá sea “determinar el conjunto mínimo de conocimientos y destrezas básicos que se estiman imprescindibles para desarrollar una docencia universitaria de calidad de acuerdo con nuestros conocimientos actuales en didáctica de las ciencias”

Ahora bien, ese mínimo al que alude Campanario...¿es pequeño? Nuestros conocimientos actuales en didáctica de las ciencias ...¿son universales? es decir ¿existe consenso dentro de la comunidad de didactas de las ciencias? (aplíquese a cualquier otra didáctica)

Mirar los índices de los últimos años de algunas revistas relacionadas con la enseñanza de las ciencias te confronta con una variedad de temas de investigación tan grande, unos enfoques tan diversos para el mismo tema y, un lenguaje tan específico en algunos casos que, estoy segura, desanima al profesor a realizar su lectura. Además, el número de artículos de ámbito universitario es relativamente escaso.

Por eso, y porque no hay nada más práctico que una buena teoría, creo que puede ayudar al profesorado tener un marco teórico general (que no será el único ni el definitivo) sobre cómo entender la didáctica de las ciencias experimentales. Este marco debe guiar de una manera racional nuestros intentos de innovación docente y re-situar las aportaciones parciales de las diversas disciplinas que confluyen en la didáctica. El profesorado podrá decidir, entonces, qué resultados sobre los que existe consenso puede admitir como válidos (aunque no conozca en profundidad su justificación) y sobre qué cuestiones, quizás más ligadas al desarrollo cotidiano de su materia, le interesa investigar.

2. MARCO TEÓRICO PROPUESTO.

La característica principal de la Didáctica de las Ciencias es la de su extrema complejidad. Esto ha llevado a distintos autores al uso de la Teoría de Sistemas para su consideración teórica. En la didáctica, el enfoque sistémico es claramente necesario, dado que, además del sistema de enseñanza en su conjunto y de los propios sistemas conceptuales, hay que considerar los sistemas didácticos materializados en clase.

En lo que sigue se define cual es el objeto de la Didáctica, el Sistema Didáctico y sus variables, se reflexiona sobre la relación entre Epistemología y Didáctica, y se

enuncian brevemente las teorías de la Transposición Didáctica y de las Situaciones Didácticas. Ambas constituyen los cimientos del marco teórico propuesto.

2.1. Didáctica.

Cuando se intenta investigar sobre el hecho educativo, sobre problemas concretos que se dan en el aula, el primer sentimiento que surge es el de "desbordamiento" de la tarea. La sensación de que, la cantidad de factores que interviene es tan grande, que las cuestiones planteadas, por pequeñas que parezcan, resultan inabordables.

Quizá por esto, y porque cada especialista se siente seguro en su parcela de conocimiento, las investigaciones en didáctica han estado parceladas, compartimentalizadas, como piezas separadas de un puzzle, sin preocuparse demasiado en encontrar las relaciones entre ellas para dar la imagen total del hecho educativo. La descripción de la realidad educativa se reduce a la de alguna de sus dimensiones y la actuación didáctica pierde coherencia y visión de conjunto.

Si bien, hasta la década de los años 80, la Psicología de la Educación es la rama a la cual han estado subordinados la mayor parte de los estudios relacionados con las didácticas específicas, la "Didáctica de las Ciencias", como área disciplinar aparece ya, alrededor de los años 50, ligada al impulso institucional que se da a la investigación y experimentación en el campo de la enseñanza de las ciencias en el contexto de una serie de medidas político-económicas-educativas tomadas en los países anglosajones con el fin de impulsar el crecimiento científico-técnico.

Esta etapa "tecnológica" de la didáctica se caracteriza (Porlán, 1988) por incorporar una visión positivista de la ciencia, una visión simplificada de los procesos de enseñanza/aprendizaje (modelo proceso-producto), por aplicar la lógica científica como principio didáctico y vincular la didáctica a la reforma curricular. La metodología de investigación se ajustaba al paradigma positivista. Tan sólo el diseño experimental (creación de grupo experimental-grupo control, manipulación de una variable, análisis estadístico de datos) permitía inferencias causales. Le seguían, en valoración metodológica, la realización de encuestas. Los análisis cualitativos aparecían en último lugar y sólo eran tolerados cuando podían ser formalizados de tal forma que permitiesen su cuantificación.

Al final de los años 70 y principio de los 80 se produce un fuerte cuestionamiento sobre la bondad, el carácter ideal y la universalidad del trabajo científico. La crisis del positivismo científico-técnico se manifiesta no sólo en el plano social, sino también en

el de la reflexión filosófica y epistemológica y en el interior de las propias disciplinas científicas. J. E. García (1988) escribe : "La crisis de la perspectiva simplificadora se manifiesta en campos de conocimiento muy diversos (epistemología, psicología, física, etc.) en los que aparecen conceptos, teorías y corrientes de pensamiento que convergen en un aspecto fundamental: la necesidad de adoptar un enfoque complejo en la investigación de la realidad".

En el ámbito educativo, cobra fuerza la psicología cognitiva y aparecen nuevos enfoques teóricos (psicología ambiental, ecología del desarrollo humano); por otro lado emerge la idea de que la comprensión global de los fenómenos que se desarrollan en el ámbito educativo, exige un tratamiento sistémico, dado que su complejidad impide explicarlos a través del estudio separado de cada una de sus unidades activas.

Desde la psicología de la educación y desde la didáctica aparece una concepción ecológica y sistémica de la realidad escolar, así como el planteamiento de unos modelos didácticos generales y de una nueva epistemología de las ciencias de la educación.

Dentro de una perspectiva sistémica del hecho educativo, ha ido desarrollándose, fundamentalmente en Francia e inicialmente en el ámbito de las Matemáticas, una comunidad de investigadores que trabajan en la fundamentación de un marco teórico constitutivo de una didáctica (de las Matemáticas y las Ciencias) que ha dado en llamarse "fundamental" (en el sentido de establecer sus fundamentos).

En palabras de Brousseau, esta Didáctica se define como "una ciencia de las condiciones de difusión y de adquisición intencional de los saberes científicos adecuados a las necesidades de las instituciones" (Brousseau, 1995: 5). O también como una "Ciencia que se interesa por la producción y comunicación de conocimientos, en lo que esta producción y esta comunicación tienen de específico de esos conocimientos" (Curso Doctorado, Zaragoza 1994)

Esta didáctica define con rigor epistemológico su objeto de estudio. Chevallard (1985:12) escribe: "¿Cuál es ese objeto? El didacta se interesa por el juego que se establece entre un enseñante, los alumnos, y un saber. Tres elementos, pues, y una relación ternaria: es el sistema didáctico (...) ". En palabras de Brousseau (1995: 5): "Se trata de describir cómo un enseñante (P) puede intervenir en las relaciones de un alumno (A) con un medio (M) para modificar los conocimientos que el alumno toma de él, de forma que "adquiera" un saber (S) definido en una cierta institución" En el sistema didáctico aparece un elemento nuevo: el medio.

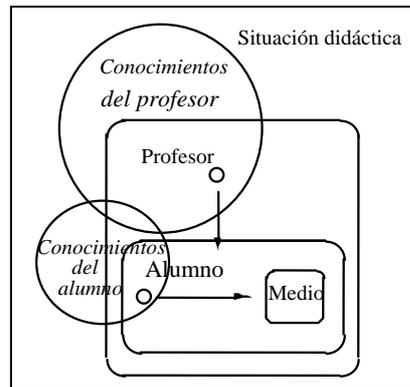
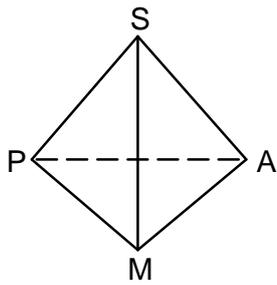
Esta didáctica asigna un papel predominante al saber específico en juego. En consecuencia, da importancia a cuestiones tales como: “¿Qué es aquello que en el sistema didáctico se designa como “saber”? ¿Qué relación tiene este saber que se enseña con la idea que de él tienen en otras instituciones? ¿Y con el saber sabio? [el de los científicos]. El saber enseñado, ¿está conforme con aquél que otras instancias que rodean al sistema didáctico han decidido que se enseñe? ¿Qué serie de transformaciones ha sufrido para que sea posible su enseñanza?”(Chevallard, 1985: 13).

Esta didáctica propone una tecnología, la “Ingeniería Didáctica”, derivada de dicha ciencia y que permite incidir sobre el sistema. Artigue (1988: 283-284), escribe : “Plantear el problema de la ingeniería didáctica es plantear (...) el problema de la acción y de los medios de la acción, sobre el sistema de enseñanza (...)”. Para Artigue (1988: 28), “El término de Ingeniería Didáctica designa a una forma de trabajo didáctico comparable con la del ingeniero: se apoya en el conocimiento científico de su dominio, acepta someterse a un control de tipo científico pero, al mismo tiempo, se encuentra obligado a trabajar con objetos mucho más complejos que los objetos puros de la ciencia, sobre los cuales debe actuar prácticamente, utilizando todos los medios de que dispone, pero también con problemas que la ciencia no puede, o no ha podido aún, resolver”.

Esta ingeniería de investigación se caracteriza por un esquema basado en la concepción, realización, observación y análisis de secuencias de enseñanza en clase. La fase de concepción se efectúa basándose en el marco teórico general y la validación de la fase experimental no es extrínseca (comparación de grupo experimental-grupo control, sino intrínseca: comparando los resultados con el análisis previo que se ha realizado).

2.2. *El sistema didáctico: sus variables.*

El sistema didáctico podemos describirlo con el esquema que hace Brousseau (1995) o la interpretación en volumen tetraédrico de Torrecilla y Arlegui (2000: 20). En él aparecen los elementos del sistema didáctico: saber (S), alumno (A), profesor (P), medio (M). La situación didáctica describe las relaciones pertinentes del aprendiz con el enseñante y con un medio movilizado por este último para hacerle apropiarse un saber determinado (Brousseau, curso de doctorado 1994).



Este sistema didáctico se encuentra inmerso en lo que Chevallard llama noosfera “(...) esfera donde se piensa el funcionamiento didáctico”. La noosfera modeliza la influencia directa que ejerce sobre dicho sistema el resto de la sociedad. El sistema didáctico es, pues, un sistema abierto. Su supervivencia supone su compatibilidad con el medio.

En palabras de Chevallard, Bosch y Gascón (1997), “Una situación didáctica puede ser considerada como un estado del sistema didáctico, determinado por ciertos valores concretos de las variables del sistema”. El análisis de un estado del sistema didáctico particular lleva consigo la consideración de numerosas variables. Estas variables se refieren no sólo a las unidades activas que lo componen, sino también a la interacción actual existente entre ellos y a las influencias que sobre él pueden tener el resto de los sistemas. Para poder actuar de manera racional sobre un estado (dinámico) del sistema de cara a conseguir su superación, es preciso intentar definir las, al menos cualitativamente. Esto permitirá estimar su papel y delimitar la posible modificación de aquéllas que resulten ser controlables.

En esquema, las variables pueden describirse y agruparse como sigue:

Variables epistemológicas:

- Relativas al saber (formación histórica de los conceptos de base, contradicciones, reestructuraciones, relación con otras áreas de conocimiento,...)
- Relativas al alumnado (apropiación del saber por parte de los alumnos, formación de los conceptos en su mente)

Variables didácticas:

- De situación (grupo reducido de alumno o clase masificada, clase expositiva o a base de actividades, trabajo individual o en grupo, asignatura cuatrimestral o anual, optativa u obligatoria,...)
- De contrato (relaciones personales entre profesor y alumno, expectativas respecto a un alumno, sistema de evaluación,...)

- De transposición (presentación de los conceptos, constancia de los conocimientos previos, uso de materiales adecuados, adecuación del tiempo,...)

Variables de contexto:

- Relativas al saber (valoración sociológica, necesidades tecnológicas, tipo de práctica social a desarrollar por el futuro profesional, relación o no con conocimientos anteriores,..)
- Relativas al profesorado (concepciones del profesorado, relación con la el saber, formación, expectativas, satisfacción profesional, condiciones laborales,...)
- Relativas al alumnado (origen e historia de los alumnos, nivel de conocimientos, motivación hacia su carrera, condiciones familiares,...)

Dentro de la Didáctica fundamental, y para posibilitar la acción racional sobre un sistema cuya complejidad ya perfilan los párrafos anteriores, se han elaborado teorías que modelizan distintos aspectos del funcionamiento del sistema de enseñanza. Son de particular interés:

La Teoría de la Transposición Didáctica (T.T.D.), que trata de las modificaciones que sufren los saberes (matemáticos y científicos) en el proceso de su difusión.

La Teoría de las Situaciones Didácticas (T.S.D.) que modeliza y clasifica las interacciones mismas entre los elementos del sistema didáctico.

Otras aportaciones, realizadas desde distintos ámbitos, interrelacionan con las teorías anteriores, tendiendo a establecer un “corpus” de saber didáctico. Podemos destacar la Teoría (cognitiva) de los Campos Conceptuales de Vergnaud (1992) y la noción de la dialéctica útil-objeto de Douady (1984). El desarrollo de dicho corpus se manifiesta en artículos y libros como “La problématique des situations fondamentales: confrontation du paradigme des situations à d’autres approches didactiques” de Marc Legrand (1996) o “L’évolution d’une théorie en didactique: l’exemple de la transposition didactique” de Gilbert Arsac (1992), “La Transposition didactique à l’épreuve”(1994) o “Vingt ans de didactique des Mathématiques en France” (1994).

Los apartados 2.4 y 2.5 presentan las teorías de la Transposición Didáctica y de las Situaciones Didácticas. Dado que las teorías llevan implícito un determinado posicionamiento epistemológico, queremos aquí remarcar algunos aspectos que pueden resultar de interés para su comprensión. Expondremos previamente, a modo introductorio, unas consideraciones de orden epistemológico.

2.3. Didáctica y Epistemología.

Dentro del marco teórico de la didáctica "fundamental", el estudio de la epistemología de la ciencia es, para el didacta, una necesidad, ya que posibilita realizar una "vigilancia epistemológica" sobre la transposición de los saberes, responder a cuestiones relacionadas con la transmisión de una determinada "cultura científica" y considerar la relación entre la epistemología de la ciencia y la epistemología de la didáctica.

El análisis epistemológico, al permitir comprender lo que gobierna la evolución del conocimiento científico, ayuda a tomar conciencia de las disparidades existentes entre el "saber sabio" y el "saber enseñado" frente a la ficción de suponer que los objetos de enseñanza son copias simplificadas, pero fieles, de los objetos científicos. Por otro lado, nos ayuda a transmitir cómo es el tipo de investigación en ciencias, que no es tan simple como el OHERIC (observación, hipótesis, experimentación, resultados, interpretación, conclusiones).

La génesis histórica de los conocimientos puede ser para el didacta, cuando se enfrenta a la tarea de producir la elaboración de esos conocimientos en el alumno, como una especie de atalaya. Los problemas que han motivado la introducción de un concepto y los que han originado su evolución son constitutivos de su significado y hay que tener en cuenta que en todo análisis didáctico hemos de considerar el problema del "significado".

2.4. Teoría de la Transposición Didáctica.

Situado el saber como un importante elemento del sistema didáctico una cuestión de la mayor importancia es dilucidar qué relación se establece entre el saber enseñado con lo que se proclama de él fuera de este ámbito (didáctico). La respuesta a esta amplia cuestión resulta ser la Teoría de la Transposición Didáctica (TTD). Las siguientes citas de Chevallard (1985: 13-19) ilustran la importancia de esta concepción:

- “[La transposición didáctica] es un instrumento (...) por el cual la entrada del saber en la problemática de la Didáctica pasa de la potencia al acto: en la medida en que el “saber” llega a ser para ella problemático puede figurar, en adelante, como un término en el enunciado de problemas (nuevos o simplemente reformulados) y en su solución”.
- “Cuando se le asigna al saber sabio su justo lugar en el proceso de transposición y, sin que el análisis de la transposición didáctica sustituya indebidamente al análisis

epistemológico stricto sensu, se hace evidente que es precisamente el concepto de transposición didáctica lo que permite la articulación del análisis epistemológico con el análisis didáctico y se convierte entonces en guía del buen uso de la epistemología para la didáctica”.

- “(...) el saber sabio nos interesa porque ciertas exigencias que intervienen en la preparación didáctica del saber, están ya influyendo a partir de la constitución del saber mismo o al menos a partir de la formulación discursiva de ese saber”.

La teoría abre líneas de debate. La transposición didáctica tiene lugar al pasar elementos del saber sabio al saber enseñado. Pero, ¿por qué son necesarios esos flujos? Chevallard plantea el análisis de las causas que los producen como la respuesta a la exigencia de compatibilidad del sistema de enseñanza con su entorno. Los conflictos entre el sistema y el entorno se manifestarán a través de lo que anteriormente hemos denominado ya la noosfera. De las dos formas posibles de actuación (variar los métodos, variar los contenidos), Chevallard considera que el propio saber constituye la variable de control que permite obtener efectos espectaculares con menores gastos y sobre la cual la instancia política tiene asegurado el control por medio de los programas y los manuales que los explicitan.

La Teoría de la Transposición Didáctica ha experimentado aportaciones y ampliaciones. Así ha cumplido su función de “máquina para producir conocimientos”. En “La Transposition didactique à l’épreuve” (1994: 137) escribe Chevallard: “todo proyecto de ciencia debe problematizar de manera continuada la realidad; hacerla aparecer como problemática, es decir, como planteando problema”.

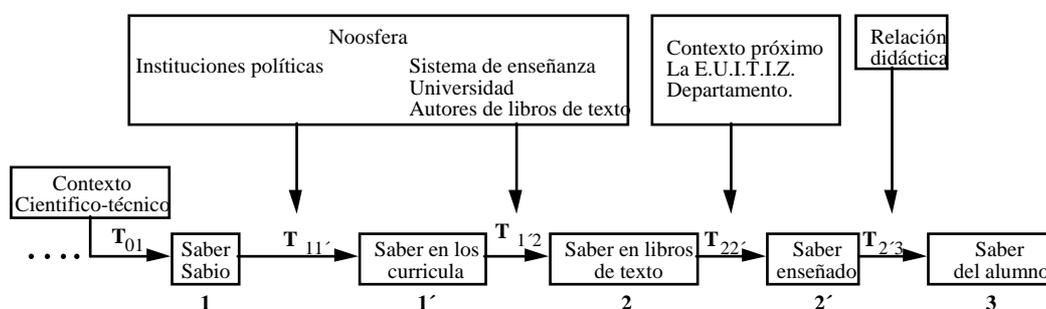
Uno de los debates planteados en las primeras formulaciones de la teoría de la Transposición Didáctica se refiere a la noción misma de los saberes. Ya en 1986 Martinand introduce el término de “práctica social de referencia”, término que puede ser entendido como una crítica a la transposición didáctica si ésta se limita sólo al texto del saber, sin plantearse las actividades sociales correspondientes. Astolfi y Develay (1989) insisten, en relación a este término, en que un contenido de enseñanza supone una re-elaboración del saber sabio pero que, a la inversa, también hay que partir de actividades sociales diversas que pueden servir de referencia a actividades científicas escolares y, a partir de las cuales, se examinan los problemas a resolver, los métodos y las actitudes, los saberes correspondientes

En Arsac (1992: 13) leemos también “¿Qué es ese saber sabio, ese personaje que juega un papel central en la transposición? ¿Quién lo detenta? ¿En qué medida es necesario referirse a él para legitimar una enseñanza? La enseñanza ¿no está más bien legitimada por su utilidad en la vida social, profesional o cotidiana? Además, en el caso de una enseñanza profesional, la legitimación no es de otro orden, en ausencia de saber sabio?”.

Esa cuestión es retomada e integrada en la reformulación de Chevallard (1994: 171), quien escribe: “El perfeccionamiento de la máquina teórica supone en este punto que se plantee una cuestión hasta ahora eludida ¿qué es un saber? (...) ella conduce a introducir otra noción primitiva que, en la lógica de la exposición teórica llega a ocupar un lugar antes incluso que la de saber: la noción de práctica social (...) Toda actividad humana es práctica social. (...) Cada práctica social tiene lugar en el interior de una institución que, se puede decir, es su sede. Es por lo que se puede hablar también, de manera equivalente, de prácticas institucionales. O en breve, de prácticas, sin más”.

La nueva presentación de la teoría se organiza alrededor del tema central del saber y de las instituciones (Teoría antropológica de los saberes: TAD). Este juego de los saberes en las instituciones de la sociedad conduce a distinguir varios tipos de prácticas relativas a los saberes: de producción, de utilización, de enseñanza, de transposición. Sin embargo, Chevallard asigna un papel privilegiado a la institución productora del saber. La comunidad de productores de saber se ve encargada de una doble tarea: de investidura epistemológica y de gestión del saber presente en las diferentes instituciones de la sociedad.

El esquema siguiente recoge los pasos de la “transposición didáctica” que experimenta un saber que, como se verá más adelante en un ejemplo, se enseña en la E.U.I.T.I.



Es en el último paso de la transposición donde aparece lo esencial de la relación didáctica: la interacción entre el profesor y el alumno poniendo en juego el saber

transpuesto y es aquí donde adquiere su sentido la Teoría de las Situaciones Didácticas., de Guy Brousseau que trata de:

- Analizar las acciones del profesor y del alumno y la relación de ambos con el conocimiento que se construye.
- Diseñar situaciones específicas para los saberes que se quieren enseñar.

2. 5. Teoría de las Situaciones Didácticas.

El proceso de enseñanza-aprendizaje, como proceso de adquisición de conocimiento por el alumnado, ha sido analizado ya, en los últimos años, en el marco de las relaciones establecidas entre un profesor, uno o varios alumnos y un saber; es decir, con un enfoque sistémico. Pero su estudio se ha desarrollado principalmente desde una perspectiva psicológica, relacionado con las capacidades, motivaciones, pre-conceptos, etc., de tales alumnos.

Brousseau, con una visión complementaria, trata el problema de la adquisición del conocimiento desde una perspectiva epistemológica. La Teoría de las Situaciones Didácticas (TSD), que él fundamenta, pretende modelizar y contrastar empíricamente los fenómenos didácticos que genera la comunicación del saber en un sistema didáctico, mediante la problematización y cuestionamiento de los “conocimientos matemáticos” enseñados.

En lo que sigue se desarrolla, en diversos epígrafes, un esbozo de la versión “clásica” de esta teoría de las situaciones didácticas, que se formula de un modo genérico extendiéndola al conocimiento sobre las ciencias experimentales.

2.5.1. Modelo de “conocimiento”.

En el modelo de Brousseau saber matemáticas no es solamente saber definiciones y teoremas para reconocer la ocasión de utilizarlos y de aplicarlos, es “ocuparse de problemas” en un sentido amplio, que incluye encontrar buenas preguntas tanto como encontrar soluciones. Es, en definitiva, intervenir en actividades matemáticas.

En correspondencia con esta acepción, “enseñar un conocimiento matemático concreto es hacer posible que los alumnos desarrollen con dicho conocimiento una actividad matemática en el sentido anterior. El profesor debe imaginar y proponer a los alumnos situaciones matemáticas que ellos puedan vivir, que provoquen la emergencia de genuinos problemas matemáticos y en las cuales, el conocimiento en cuestión aparezca como una solución óptima a dichos problemas(...)”.

Según Brousseau (1995: 6) “El principio metodológico fundamental de la TSD es hacer corresponder a todo saber determinado una clase mínima de situaciones que hacen aparecer este conocimiento como el medio óptimo de solución de estas situaciones.

Es en esta visión donde la teoría psicológica de los campos conceptuales, desarrollada por Vergnaud, se “ancla” y complementa a la TSD. Para Vergnaud (1990: 135) “Un concepto no puede ser reducido a su definición, al menos si uno se interesa en su aprendizaje y en su enseñanza. Es a través de situaciones y de problemas a resolver cuando un concepto adquiere sentido para el alumno. Este proceso de elaboración pragmática es esencial para la psicología y la didáctica, así como, por otra parte, es esencial para la historia de las ciencias”. La idea de campo conceptual de Vergnaud insiste en el hecho de que el conocimiento debe ser considerado, no en dominios puntuales, sino bastante amplios, correspondiendo cada uno a un espacio de situaciones-problema cuyo tratamiento implica conceptos y procedimientos conectados.

Los conceptos anteriores son válidos igualmente en el caso de las ciencias experimentales. En este caso debemos tener en cuenta que un aspecto fundamental a considerar en la actividad científica es la interrelación existente entre “los problemas, la experimentación y los modelos” y que la transmisión del quehacer científico implica, necesariamente, la consideración del aspecto experimental en la enseñanza.

2.5.2. Situación didáctica. Situación a-didáctica.

En palabras de Brousseau (Glosario para curso de doctorado, 1994) “Una situación didáctica describe las relaciones que se establecen entre un sujeto que aprende, con un sujeto que enseña y con un medio que éste último moviliza para hacerle apropiarse un saber determinado”.

“Las situaciones son el instrumento privilegiado de la descripción de la actividad didáctica, pero también el medio de describir y analizar las intervenciones del profesor. Son un medio de intercambio entre los enseñantes y de integración de conocimientos sobre enseñanza relativa a distintos dominios científicos”(Brousseau 1995: 6)

Cuando los alumnos trabajan de modo autónomo en interacción con el medio, guiados por problemas asumidos como propios, diremos que trabajan en una situación “a-didáctica”. En realidad se trata de una situación didáctica que, durante un cierto tiempo, aparece ante el alumno como una interacción con un medio no didáctico. El proceso de enseñanza en su conjunto constituye una situación didáctica: el profesor

realiza una serie de intervenciones sobre el par alumno-medio destinadas a hacer funcionar las situaciones a-didácticas y los aprendizajes que ellas provocan.

La evolución de una situación didáctica requiere la vigilancia y la intervención constante del profesor, que actúa en dos direcciones en relación con la actividad del alumno:

- intervención de propuesta de apropiación : El profesor busca que el alumno se responsabilice y haga suya la búsqueda del resultado que debe encontrar en situación a-didáctica.
- intervención de institucionalización : Mediante el trabajo en situación a-didáctica, el alumno aprende un conocimiento mediante la interacción con un medio, pero no alcanza habitualmente a formular el nuevo conocimiento en la forma canónica tal como aparece en la literatura científica, ni puede adjudicarle un estatuto adecuado en un marco teórico más amplio. La intervención de institucionalización intenta modificar ese conocimiento del alumno, de manera que adquiera un saber definido en la institución científica.

2.5.3. Diferentes tipos de situaciones didácticas.

Cuando Brousseau (1995: 6) escribe: “la teoría de las situaciones didácticas modeliza y clasifica las propias interacciones según diferentes formas de conocimiento, de saberes, de aprendizaje y de enseñanza” está permitiendo, con objeto de análisis y observación, descomponer los procesos de aprendizaje en cuatro fases diferentes en el curso de las cuales el saber no tiene la misma función ni el alumno la misma relación con él. En estas fases, entrelazadas, se pueden observar tiempos donde domina la acción, la formulación, la validación o la institucionalización. Las tres primeras corresponden a tres modos diferentes de funcionamiento del conocimiento en el alumno: como modelo implícito, como lenguaje, como teoría. Es el alumno quien tiene la responsabilidad de generar la relación con el saber. En la última, corresponde al profesor descontextualizar los conocimientos adquiridos y enmarcarlos en el saber institucional. Por razones de espacio no las describiremos con detalle.

2.5.4. El contrato didáctico. Tipos de contrato.

Otro concepto clave de Brousseau es el de contrato didáctico entendido como la relación que determina -explícitamente en una pequeña parte y sobre todo implícitamente- lo que cada participante, enseñante y aprendiz, tiene la responsabilidad

de administrar y de la cual será, de una u otra forma, responsable ante el otro. Este sistema de obligaciones recíprocas se parece a un contrato. La parte que es específica del conocimiento seleccionado, es el contrato didáctico.

De entre los contratos que define, destaca el Contrato constructivista. El profesor propone al alumno las situaciones adecuadas para que éste realice las adaptaciones generadoras de su apropiación del saber. En el aprendizaje, los conocimientos pasan de un estado de equilibrio a otro a través de fases de cuestionamiento en que son superados los conocimientos antiguos. Se trata de reorganizar éstos mediante desequilibrios suaves que posibiliten la integración de las nuevas adquisiciones.

2.5.5. Obstáculos y errores: su influencia en el análisis y diseño de situaciones didácticas.

Un motivo fundamental de modificación del contrato didáctico son los errores del alumno. Pero el término de “error” es desacertado si se interpreta como una simple falta o una desviación del modelo correcto. El error es la expresión de unas concepciones espontáneas o preconstruidas que se convierten en obstáculos para la adquisición o el dominio de conceptos nuevos.

La noción de obstáculo epistemológico fué introducido por Gastón Bachelard en 1938. En su libro “La formación del espíritu científico (1990:15) escribe: “Cuando se investiga las condiciones psicológicas del progreso de la ciencia, se llega pronto a la convicción de que es en términos de obstáculos como debe plantearse el problema del conocimiento científico. Y no se trata de considerar obstáculos externos como la complejidad y la fugacidad de los fenómenos, ni de incriminar a la debilidad de los sentidos y del espíritu humano: es en el acto mismo de conocer, íntimamente, donde aparecen por una especie de necesidad funcional, los entorpecimientos y las confusiones. Es ahí donde mostraremos causas de estancamiento y hasta de retroceso, es ahí donde discerniremos causas de inercia que llamaremos obstáculos epistemológicos (...). Se conoce en contra de un conocimiento anterior, destruyendo conocimientos mal adquiridos o superando aquéllo que, en el espíritu mismo, obstaculiza a la espiritualización”.

Ya Bachelard (1990: 19) avanza la utilidad del término que acaba de introducir en el campo de la didáctica “La noción de obstáculo epistemológico puede ser estudiada en el desarrollo histórico del pensamiento científico y en la práctica de la educación”.

Es Brousseau (1976: 8) quien introduce por primera vez en un texto de didáctica la noción de obstáculo. “El error no es el efecto de la ignorancia, de la incertidumbre, del azar (...), sino el efecto de un conocimiento anterior, que tenía su interés, su éxito, pero que ahora se muestra como falso o, simplemente, inadaptado. Los errores de este tipo no son imprevisibles, están constituídos en obstáculos.” Un obstáculo es un conocimiento que soluciona ciertas situaciones y causa errores en otras (en las que es dominante).

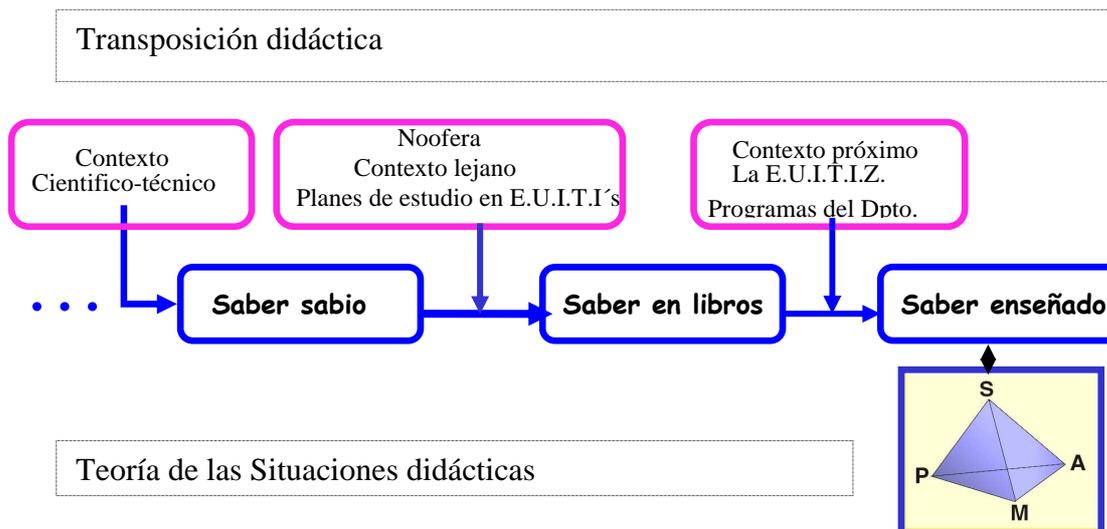
Los obstáculos epistemológicos, son los que producen los bloqueos más duros en el desarrollo de los aprendizajes. A menudo son puestos en evidencia al estudiar la epistemología de la ciencia. De hecho, las grandes cuestiones que han sido fuente de progresos considerables, son otros tantos obstáculos epistemológicos para el alumnado. Aunque sin intentar hacer un paralelismo exacto entre el estudio histórico y el didáctico, el primero puede ayudar a diseñar situaciones de enseñanza que permitan franquearlos. Sin embargo, la epistemología de un saber no puede dar cuenta, por sí misma, de la existencia de los obstáculos en los alumnos actuales.

Brousseau distingue otros tipos de obstáculos: los obstáculos didácticos. Aparecen asociados a las condiciones en las que los conocimientos han sido abordados en clase. Pueden provenir de fenómenos de transposición didáctica durante la apropiación de un saber nuevo, o remontarse a inadecuados aprendizajes básicos. Una determinada estrategia de enseñanza, puede motivar la formación de conocimientos erróneos o incompletos que se revelarán ulteriormente como obstáculos. Reconocer un obstáculo didáctico permite al enseñante volver sobre la presentación primitiva del concepto en cuestión, para explicitar mejor la dificultad vivida por el alumno. Dice también Bachelard (1990: 16): "No han reflexionado [los profesores de ciencias] sobre el hecho de que el alumno llega al curso de Física con conocimientos empíricos ya constituídos; no se trata, pues, de adquirir una cultura experimental, sino de cambiar una cultura experimental, de derribar los obstáculos amontonados por la vida cotidiana."

Además, existe otro tipo de obstáculos clasificados como obstáculos psicológicos, ontogénicos, culturales, técnicos,... Las posibles raíces de estos obstáculos intervienen en su formación pero es difícil saber en qué proporción.

2.6. Encuentro de las dos teorías básicas: La TTD y la TSD

¿Cuál es el punto de unión, el nexo entre ambas teorías? El SABER ENSEÑADO. El esquema final de este modelo de didáctica (TORRECILLA Y ARLEGUI , 2000) puede representarse por



3. ¿Hacia dónde se dirige actualmente la didáctica en didáctica de las ciencias?

En el esquema/modelo anterior podrían situarse las líneas actuales de investigación en didáctica de las ciencias. Las hay centradas en alguno de los vértices del tetraedro (Profesor, Alumno, Medio, Saber), otras en la relación existente entre dos de ellos : P-A, P-M A-S, P-S, M-S (ocuparían las aristas del teaedro) y otras en las caras (P-A-S- P-M-S... etc) . Aumentan aquéllas investigaciones relacionadas con los procesos transpositivos de los saberes, (en particular con los efectos de las modificaciones de planes de estudio y/o con el análisis de libros de texto). Queda nombrar por último aquéllas otras, quizá las más importantes, centradas en la elaboración de conceptos que afiancen, amplíen, modifiquen y/o cambien radicalmente los modelos existentes sobre didáctica de las ciencias.

Entre estos últimos cabe de nuevo citar a Chevallard (1999) que introduce nuevos conceptos clave en su enfoque sobre la didáctica: “praxeología” (conjunto de técnicas, tecnologías y teoría relacionadas con un tipo de tareas que se plantean en una institución), “organización didáctica” “momento didáctico” o “momentos de estudio”. Estos últimos tienen cierta analogía con las situaciones didácticas de Brousseau y aportan, a mi modo de ver, una forma de entrar al análisis de las situaciones en clase. La cuestión de la evaluación de una organización didáctica constituye, según Chevallard, el punto de convergencia del conjunto de los estudios en didáctica, al mismo tiempo que es, de manera explícita o implícita, uno de los motores más potentes del progreso de la investigación en didáctica. Si la realidad es como es porque existen ciertas restricciones impuestas, se pueden examinar modificaciones que, con un coste aceptable, puedan

crear un estado nuevo que se considere más apropiado. El conjunto de estos estados próximos (y viables) a desarrollar constituye para Chevallard la “zona de desarrollo próximo de esa realidad”. Corresponde al profesorado, a mi modo de ver, trabajar para que los “estados posibles” sean “estados realizados”.

En el anexo 1 se citan algunos artículos que ejemplifican los temas de investigación citados en este párrafo.

4. Ejemplo (en el sentido de caso concreto) de investigación realizada dentro del marco teórico expuesto.

La investigación partió de un interés inicial por investigar la influencia de las prácticas de laboratorio en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Debo decir, desde el principio, que fue el contacto con el marco teórico descrito el que marcó la dirección de la flecha y permitió situar ese aspecto concreto dentro de una investigación más amplia. El resultado de dicha investigación fue la tesis doctoral (dirigida por Javier Arlegui de Pablos) “Transposición didáctica de la Ecuación de Clausius-Clapeyron. Del saber sabio al saber enseñado en un laboratorio de Escuela de Ingeniería Técnica” .

El primer paso fue elegir el saber a estudiar: la ecuación (ligada a una práctica de laboratorio existente). Los siguientes, realizar el análisis transpositivo de dicho saber hasta las puertas del laboratorio y, lo que a mi modo de ver es más importante, dentro de él; es decir, analizar la situación didáctica relacionada con dicho saber.

El análisis de los textos originales (Carnot, Thompson, Clausius...) nos puso en contacto con el origen de la Termodinámica y yo aprendí, de manera práctica, el significado de la palabra epistemología. La ecuación elegida resultó estar en el origen mismo de esta ciencia.

Analizamos también el contexto institucional del saber (historia de las EUITI's , papel de la Termodinámica en los distintos planes de estudio) y la opinión del profesorado de EUTIS's sobre diferentes aspectos relacionados con su papel docente.

Estudiamos la transposición didáctica de la Termodinámica en libros de texto universitario y dentro de ellos, el papel de la E.C.C.

El estudio del contexto próximo lo realizamos sobre el programa teórico-práctico de la Termodinámica en 2º Mecánicos y sobre una encuesta realizada a profesorado y alumnado de esa especialidad.

Por último, y es donde quiero extenderme un poco más, analizamos qué ocurre durante las sesiones de laboratorio docente.

4.1. Método de análisis de las sesiones de laboratorio.

¿Cómo analizar el desarrollo de una clase práctica de laboratorio? Necesitamos utilizar un dispositivo que nos permita interpretar las observaciones en términos de hechos y fenómenos didácticos. Es aquí donde el marco teórico nos ayudó a encontrar una herramienta metodológica. La situación didáctica se establecía entre el alumno, la profesora y un medio (compañeros, montaje, libro de prácticas, ordenador...) preparado para la adquisición de un saber. Ahora bien ¿Cómo concebimos ese saber? ¿Qué modelo tenemos sobre él? Acudimos al concepto de “práctica social de referencia” y concebimos un modelo sistémico de laboratorio docente.

4.1.1. Prácticas sociales de referencia: práctica social del científico y práctica social del Ingeniero Técnico.

Tomar como referencia la práctica social científica significa asignar un peso importante a los procesos modelizadores que constituyen la esencia de su desarrollo, y también determinar cuáles son los modelos que se pretende poner en juego en dichos procesos.

La práctica social del Ingeniero Técnico no sólo delimita el referente empírico (instalaciones técnicas y fenómenos asociados) y la problemática a considerar (que va a incidir sobre el modelo) sino que plantea la necesidad de un enfoque horizontal en el estudio de la realidad, un estudio donde converjan, simultáneamente, los saberes específicos de varias ramas de la ciencia.

El doble campo social de referencia (científico y técnico) sirvió de base para determinar qué entendemos por enseñar “Termodinámica y Termotecnia” en una E.U.I.T.I. y plantear un modelo de práctica de laboratorio (sistémico) que ponga en relación el mundo de las instalaciones y fenómenos (dominio de realidad) con el mundo de los modelos, y ello dentro de la problemática específica a la que debe dar respuesta el Ingeniero Técnico.

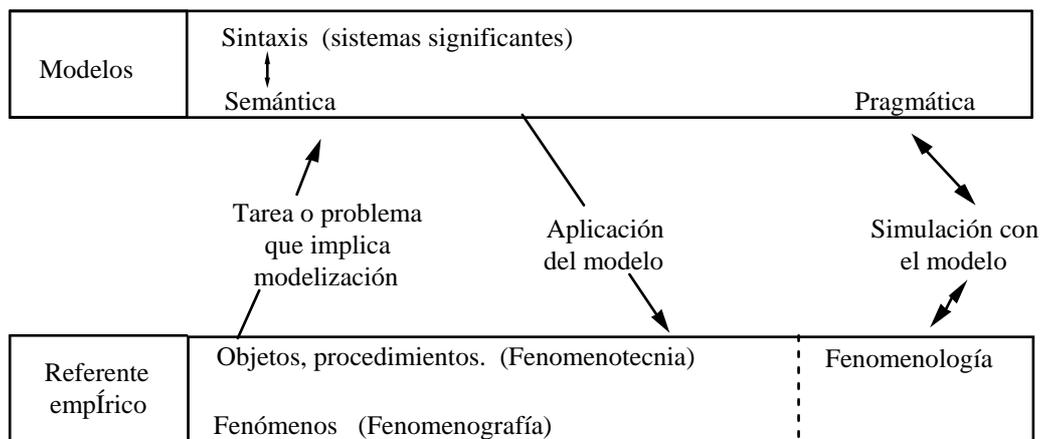
Aunque no son totalmente separables, la práctica social del científico aporta el análisis epistemológico del saber y la consideración de elaboración del mismo como una construcción intelectual que pone en juego (en una determinada problemática) los niveles interrelacionados de modelos y teorías y campo experimental.

En la elaboración histórica del saber sabio se constata la complejidad del proceso. El saber se ha elaborado a lo largo del tiempo, por un conjunto de personas, con una

problemática cambiante, con unos datos experimentales determinados... Ese proceso es irrepetible en clase. El modelo está ya disponible. El reto de su transposición didáctica es transmitirlo ligándolo a un campo de problemas y a un dominio de realidad que le den significado.

Para mostrar la estructura de nuestro modelo de práctica de laboratorio (consecuente con las prácticas sociales referidas), así como para analizar la transposición del saber enseñado en situación de clase de laboratorio, utilizamos el esquema de modelización de Martinand (1992).

El esquema hace aparecer los conceptos de referente empírico y referente de los modelos. El primero es el campo de los aparatos utilizados y sus condiciones de utilización (fenomenotecnia) y el de la descripción de los fenómenos (fenomenografía). El segundo es el espacio de los modelos que cubre desde la representación casi figurativa del referente empírico, hasta la relación entre conceptos de alto nivel de abstracción. Articulando ambas nociones, el esquema desarrolla la fase de modelización (construcción del modelo) y las fases de aplicación del modelo (o de simulación con el modelo).



4.1.2. Enfoque sistémico de laboratorio de laboratorio docente

A los Ingenieros Técnicos se les asigna, entre otras, funciones de diseño y mantenimiento de instalaciones. El programa de Termodinámica y Termotecnia está dedicado, en buena parte, al estudio de las mismas. Denominamos con la palabra instalación a toda instalación o dispositivo perteneciente al mundo real de la técnica.

Algunas instalaciones pueden encontrarse en estado "natural" y ser accesibles (temporal y espacialmente) a su estudio. Otras pueden, además, completarse mediante sistema de adquisición de datos y constituir un puesto de trabajo en el laboratorio. Son

instalaciones reales “didactificadas”. Un tercer grupo lo constituyen las instalaciones didácticas, diseñadas específicamente para laboratorios docentes, que suponen una transposición didáctica de las instalaciones reales.

Las prácticas de laboratorio pueden concebirse como el análisis de un sistema cuyo conocimiento requiere enfoques concurrentes (aspecto multidisciplinar) y aproximaciones sucesivas (cada vez más profundas). Ejemplificaremos nuestras consideraciones sobre una instalación didáctica: la bomba de calor aire-agua.

El modelo más simple de sistema es el de caja negra, con una serie de entradas que actúan sobre ella y diseñada para cumplir una determinada función.



La comprensión del funcionamiento de esa caja negra impone desvelar su contenido. Aparece el esquema de la instalación: las partes constitutivas (subsistemas) del sistema y su interconexión.

Los subsistemas son interdependientes. El comportamiento del sistema global requiere relacionar las características de su funcionamiento individual. Sólo así podrá predecirse el comportamiento de la instalación en condiciones diferentes de funcionamiento.

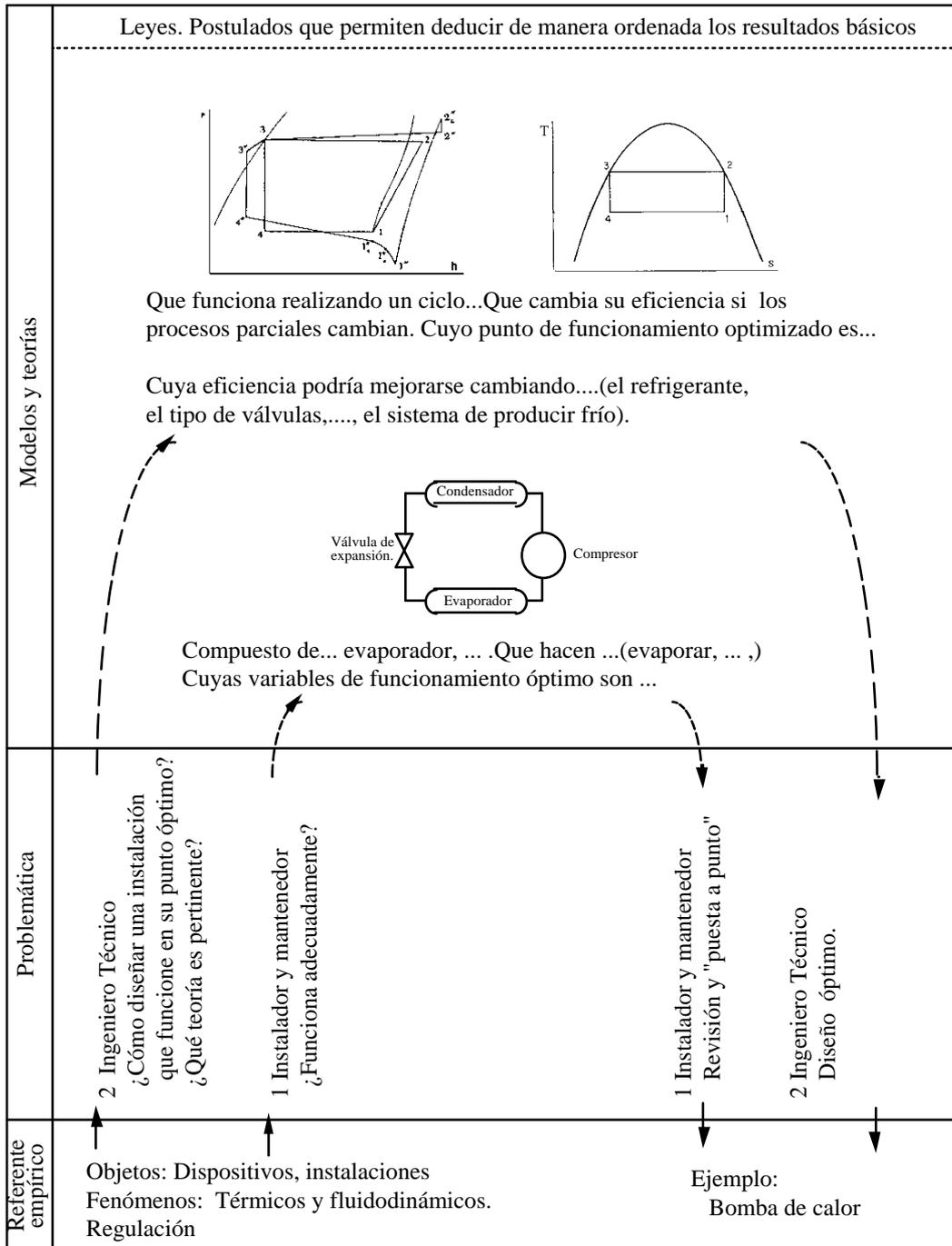
Concebida y analizada la instalación como un sistema, los límites pueden ampliarse y considerar este sistema como parte de otros más generales, pero también puede profundizarse en el estudio de cada uno de los subsistemas, más sencillos, con el fin de modelizar los fenómenos básicos que explican su funcionamiento. Este es el papel de algunas de las prácticas básicas de Termodinámica. Además se desarrollan prácticas dirigidas a calcular el valor de parámetros fundamentales en la técnica. Estas últimas permiten aplicar varios modelos para el cálculo de un parámetro, familiarizarse con el orden de magnitud del mismo y aclarar su concepto.

4.1.3. ¿Qué entendemos por aprender Termodinámica en una Escuela de EUITI?

El esquema 1 (ver página siguiente) ilustra el campo de problemas que, sobre una misma instalación (se ejemplifica con una bomba de calor), se plantea desde dos prácticas sociales diferentes. Diremos que una persona “aprende Termodinámica Aplicada en una institución E.U.I.T.I.” cuando es capaz de identificar y resolver problemas de naturaleza termodinámica en instalaciones técnicas.

El proceso didáctico de su enseñanza lo concebimos como un proceso de modelización. El modelo es considerado aquí como vehículo intermediario hacia las teorías y corresponde a la problemática de Ingeniero Técnico en dicho esquema.

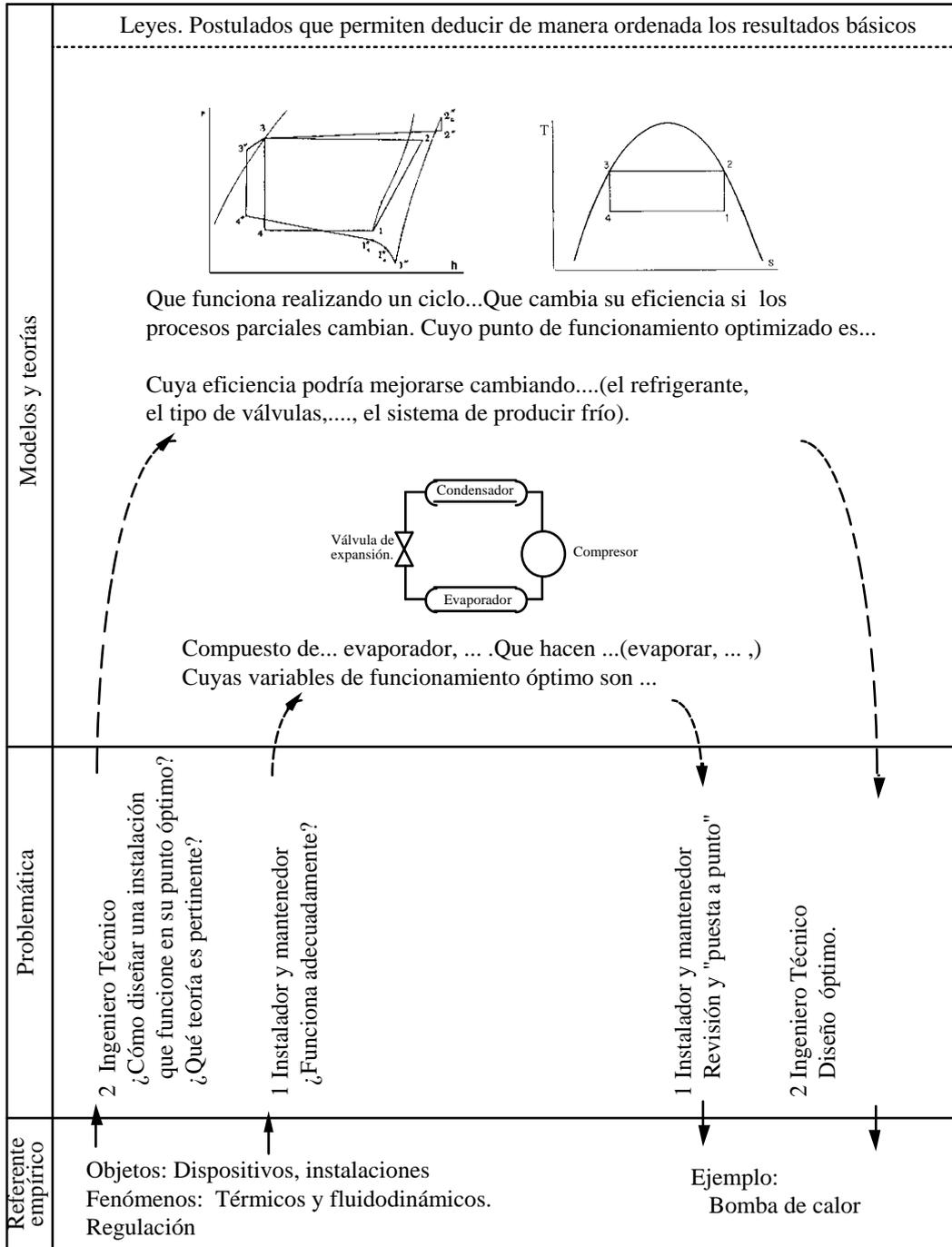
Esquema 1. Saber vinculado a la instalación.



A cada uno de los subsistemas de la instalación anterior, representante de una serie de objetos con características similares, puede aplicarse el mismo esquema. Por conveniencia, lo hacemos con el evaporador (en él se produce el fenómeno de

ebullición). En el esquema 2 se muestra la dependencia de su funcionamiento con los parámetros externos.

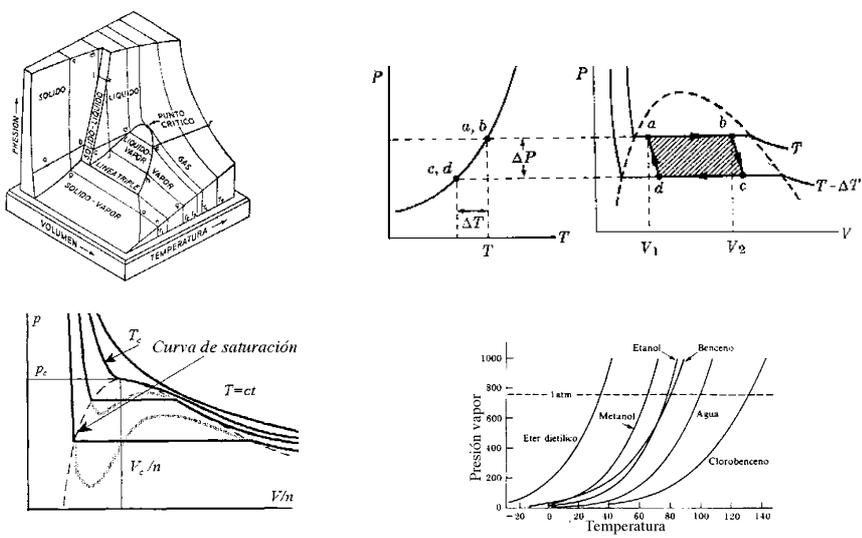
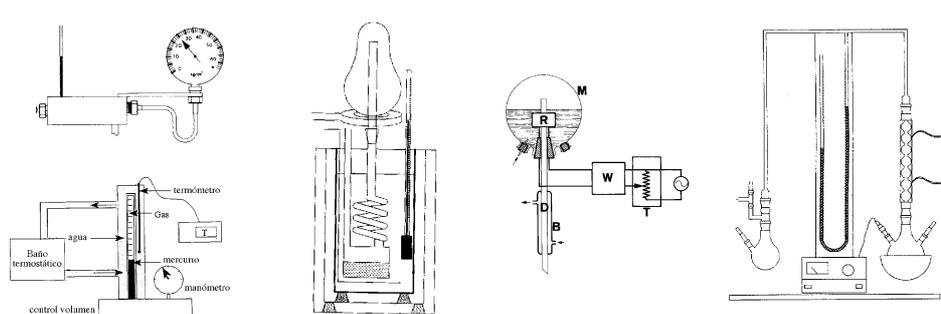
Esquema 2. Saber vinculado a una unidad activa .



Por último, relacionado con el proceso de cambio de estado líquido-vapor existe un “campo de prácticas de laboratorio” (olla exprés, isoteniscopio, calorímetro de Berthelot, etc) que constituyen, con dicho fenómeno, el referente empírico.

La instalación elegida para el análisis de las sesiones prácticas es un dispositivo en el que se produce el fenómeno de ebullición y dotado de dispositivos de regulación y de medida que describimos en el apartado siguiente. Puede considerarse como “fundamental” dentro de un campo de prácticas vinculadas al saber Ecuación de Clausius Clapeyron. El esquema 3 desarrolla la parte del esquema 2 relativa al saber cuya transposición didáctica es objeto de análisis.

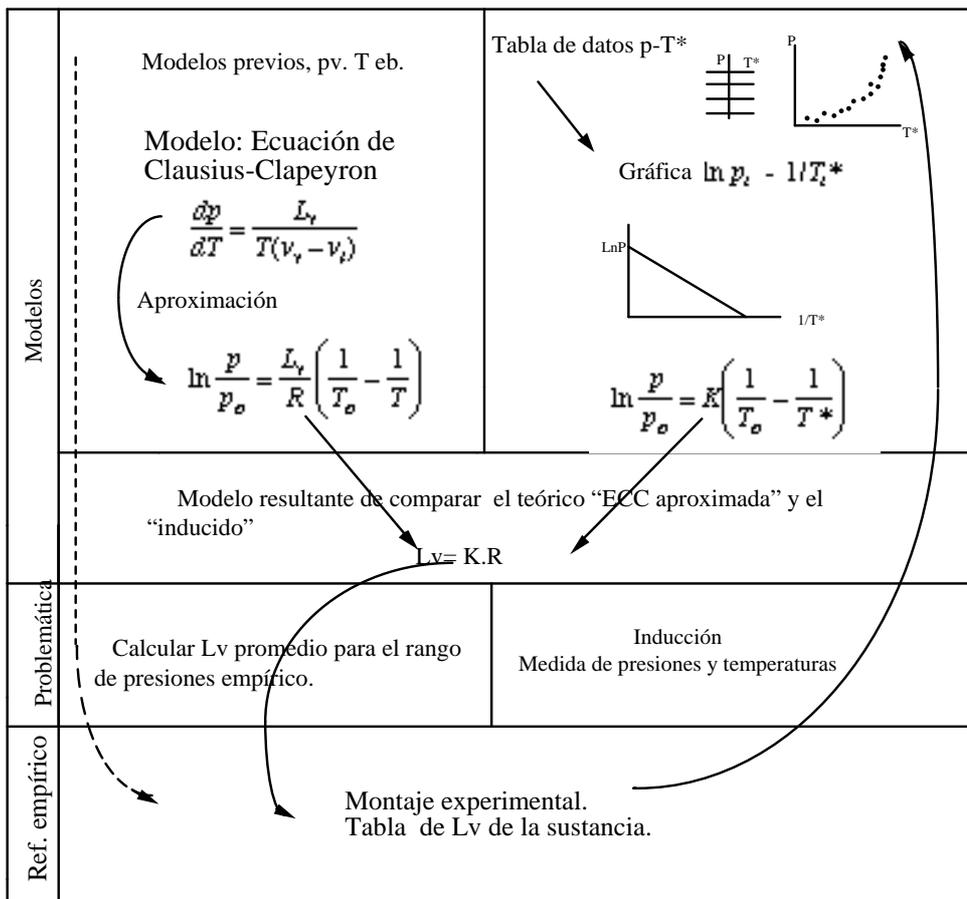
Esquema 3. Saber vinculado a un campo de prácticas.

Modelos y teorías	<p style="text-align: center;">Superficie p-v-T. Cambio de fase. Ecuación de Clausius-Clapeyron.</p>  <p style="text-align: center;">Tablas y diagramas</p>
Problemática	<p style="text-align: center;">Establecer con precisión el significado de las magnitudes físicas</p> <p style="text-align: right;">Aplicar modelos. Diseñar instalaciones.</p>
Referente empírico	<p style="text-align: center;">Objetos: Caldera de vapor, isosteniscopio, calorímetro de Berthelot, columna barométrica para medir p_v.</p> <p style="text-align: center;">Fenómeno: Cambio de estado líquido-vapor</p> 

4.1.4. Recorridos didácticos.

Nos interesa el saber transpuesto en la sesión de laboratorio. Dicho saber está ligado a la problemática planteada para relacionar el referente empírico (constituído por este montaje experimental y el fenómeno que posibilita) con los modelos puestos en juego, en particular, el papel que desempeña la Ecuación de Clausius-Clapeyron. Este proceso de modelización puede realizarse mediante diversos “recorridos didácticos” (proceso de “descubrimiento” inductivo; proceso de validación deductiva de un modelo o proceso de aplicación de un modelo para el cálculo de una constante: el calor de vaporización). Cada uno de ellos se describen en base al esquema de Martinand y nos sirven de guía en el análisis de las filmaciones. Véase, p. e. el último de los citados (esquema 4)

Esquema 4.



4.1.5. Puesta en marcha de un analizador de las sesiones de prácticas.

Modelizado el saber, y transcritas las filmaciones de 6 sesiones prácticas, realizadas en ambiente “natural”, el análisis de las mismas se llevó a cabo elaborando una serie de

ítems relacionados con cada uno de los campos del modelo: el empírico, el de los modelos y el de la problemática así como a las relaciones didácticas que se establecen entre los elementos del sistema didáctico.

5. *Algunas conclusiones*

En este artículo no interesan tanto los resultados obtenidos para el saber concreto que se estudiaba (la Ecuación de Clausius-Clapeyron ligada a una práctica de laboratorio) cuanto la constatación de que la utilización de modelos teóricos sobre el propio saber y el sistema didáctico que se forma para su apropiación por parte del alumnado, ha resultado ser clave para analizar la situación “natural” en clase, obtener conclusiones respecto al status que tiene dicho saber, detectar dificultades conceptuales, definir posibles variables susceptibles de consideración para diseñar futuras situaciones didácticas y plantear propuestas de cambio de su estado.

En la medida en que pueden ser de aplicación general destacaré sólo alguna de ellas.

1. Grado de articulación de una sesión práctica en el conjunto de instalaciones técnicas. Es decir, grado en que se explicita la dimensión técnica subyacente en cada sesión.

Proponemos que la problemática planteada en cada sesión se integre en campos problemáticos de orientación técnica, donde queden interrelacionados (con viajes de ida y vuelta) desde los conocimientos puestos en juego en prácticas básicas hasta aquéllos relacionados con instalaciones más complejas.

2. Grado de interconexión entre prácticas relacionadas un modelo común.

Proponemos organizar el currículum práctico en campos de prácticas constituyendo, cada uno de ellos, un conjunto de situaciones de laboratorio complementarias que conformen el referente empírico común a un modelo y profundicen en la relación entre referente y significado.

3. Presencia de momentos didácticos de reflexión metacognitiva.

Proponemos la reflexión retrospectiva sobre el tipo de actividad modelizadora realizada en cada sesión y en el desarrollo de un campo de prácticas. El diseño previo de recorridos didácticos puede ser una herramienta eficaz en el control de esta variable.

4. Grado de apelación a conocimientos preexistentes, en particular, a aquéllos que presentan dificultades constatadas (epistemológicas o didácticas)

Creemos que la Didáctica experimental tiene, entre otros retos, la búsqueda de herramientas de análisis cada vez más convergentes y la transposición a los docentes, de los resultados que van configurando su depósito experiencial. La interrelación entre el referente empírico que el mundo del aula representa y los modelos explicativos elaborados en base a las distintas ramas que confluyen en la didáctica, constituyen, a nuestro modo de ver, un reflejo del proceso de elaboración científica seguida en otras ramas científicas.

BIBLIOGRAFÍA.

- ARSAC, G. (1992) “L'évolution d'une théorie en Didactique: L'exemple de la Transposition Didactique”. Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol. 12, n°1, pp. 7-32,.
- ARSAC G, CHEVALLARD Y, MARTINAND J.L, TIBERGHEIN, A. (1994) La Transposition didactique à l'épreuve”. La pensée sauvage
- ARTIGUE M.(1988.) “Ingénierie Didactique”. Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol. 9, n° 3 pp. 281-308
- ASTOLFI J. P., DEVELAY M. (1996). La didactique des sciences. Presses Universitaires de France 4° ed. París,
- BACHELARD, G. (1990) La formación del espíritu científico. Siglo XXI Editores. Madrid.
- CAMPANARIO, J.M (2002): “Asalto al castillo: ¿A qué esperamos para abordar en serio la formación didáctica de los profesores universitarios de Ciencias?”. Enseñanza de las Ciencias, 2002. Vol 20, n° 2 pp.: 315-325
- BROUSSEAU, G. (1995) “Didactiques des Sciences et formation des professeurs”. Coloquio en Hô Chi Minh Ville,
- CHEVALLARD, Y.(1985) La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné. La Pensée Sauvage, Grenoble.
- CHEVALLARD, Y. (1994) “Les processus de transposition didactique et leur théorisation”. La Transposition didactique à l'épreuve. La pensée sauvage,.
- CHEVALLARD Y., BOSCH, M.,GASCÓN J. (1997) Estudiar Matemáticas. ICE-Horsori, Barcelona.,CHEVALLARD, Y. (1999) “L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique”. Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol. 19, n°2, pp. 221-266,.

- LEGRAND, M. (1996) “La problématique des situations fondamentales. Confrontation du paradigme des situations à d’autres approches didactiques”. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 16, nº2, pp. 221-280,.
- MARTINAND, J.L.(1992) “Enseignement y apprentissage de la modélisation”. L.I.R.E.S.T. Coloque 4, 5 -XII-.
- PORLÁN R, GARCÍA E, CAÑAL P.(1988) *Constructivismo y enseñanza de las Ciencias*. Diada editoras. Sevilla,.
- TORRECILLA , M.I. (2000) “Transposición didáctica de la Ecuación de Clausius-Clapeyron. Del saber sabio al saber enseñado en un laboratorio de Ingeniería Técnica”. Tesis Doctoral.
- VERGNAUD, G.(1990) “La théorie des champs conceptuels”. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Vol. 10, nº2.3, pp. 133-170.

ANEXO 1.

La enumeración de los siguientes artículos tienen sólo como objetivo mostrar qué entiendo por investigaciones centradas en los distintos polos del tetraedro/modelo de situación didáctica o en las interrelaciones entre ellos (aunque la línea de división no es, evidentemente, nítida)

Profesor.

- VALCÁRCEL PÉREZ, M.V., SÁNCHEZ BLANCO, G.. (2000) “¿Qué tienen en cuenta los profesores cuando seleccionan el contenido de enseñanza” *Enseñanza de las Ciencias*, Vol.18, Nº 3, pp 423-438
- MARTÍN DEL POZO R, MARTÍNEZ M, et al. (2002) “Un estudio comparativo sobre el pensamiento profesional y la “acción docente” de los profesores de ciencias de educación secundaria” Parte II” *Enseñanza de las Ciencias*, V.20, Nº 2, pp 243-260
- CAMPANARIO J.M. (2003) “Contra algunas concepciones y prejuicios comunes de los profesores universitarios de ciencias sobre la didáctica de las ciencias” *Enseñanza de las Ciencias*, Vol.21, Nº 2, pp 319-328

Alumno

- COSTAMAGNA A.M. (2005) “El valor de la metaevaluación del cambio conceptual: una experiencia” *Enseñanza de las Ciencias* Vol. 23, nº 3, pp. 419-430
- PRAIA J.F., VASCONCELOS C., ALMEIDA L. S. (2005) “Actitudes y hábitos de estudio en ciencias naturales: validación de una escala y su utilización práctica”. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol.23, Nº 2,pp 227-236

CAMPANARIO J.M. “El enfoque conexionista en psicología cognitiva y algunas implicaciones sencillas en didáctica de las ciencias” Enseñanza de las Ciencias, Vol.22, Nº 1, pp 93-104

Saber

BKOUCHE RUDOLF (2000) “Sur la notion de perspective historique dans l'enseignement d'une science” IREM, Vol. 39 , pp 35-59.

GIL QUÍLEZ M.J., IBARRA MURILLO J. (2005) “Enseñar los cambios ecológicos en la secundaria: un reto en la transposición didáctica” Enseñanza de las Ciencias Vol. 23, nº 3, pp.345-356

MARTÍN SÁNCHEZ, M, CALVO PASCUAL M. ARACELI (2005) “Análisis de la adaptación de los libros de texto de ESO al currículo oficial, en el campo de la química” . Enseñanza de las Ciencias Vol. 23, nº 1, pp 17-32

Relació Medio-saber

RECCHI M., GIODANO ENRICA, GAGLIARDI, M.(2006) “Un sitio web para la aproximación fenomenológica de la enseñanza de la luz y la visión” Enseñanza de las Ciencias, Vol.24, Nº 1. pp 139-146

CARLOS A. ALEJANDRO ALFONSO (2004) “Prácticas de de Laboratorio de Física general en Internet”. Revista electrónica de enseñanza de las Ciencias, Vol. 3, Nº 2.

PERALES PALACIOS F. J. (2006) “Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias” Enseñanza de las Ciencias, Vol.24, Nº 1. pp 13-42

Relación Alumno-Saber

COVALEDA R., MOREIRA M.A., CABALLERO M^a C. (2005)“ Los significados de los conceptos de sistema y equilibrio en el aprendizaje de la mecánica. Estudio exploratorio con estudiantes universitarios.” Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Vol. 4, Nº 1.

DE LONGHI A.L. (2000) “Conocimientos de Física de alumnos universitarios. Influencia de las reformas educativas” Enseñanza de las Ciencias, Vol.18, Nº 2. pp. 201-216

SOLSONA PAIRÓ, N, IZQUIERDO AYMERICH, MERCÉ Y GUTIÉRREZ, R. (2000) “El uso de razonamientos causales en relación con la significativad de los modelos teóricos” Enseñanza de las Ciencias, Vol.18, Nº 1, pp 15-23.

Los trabajos de investigación desarrollados alrededor de la detección y tratamiento de “las ideas previas”, “pre-concepciones”, “errores”, “concepciones” u “obstáculos”

han sido numerosísimas. (Ver, por ejemplo, la bibliografía reseñada por Johsua y Dupin (1993) en materias como Matemáticas, Física y Química o Biología, las citadas por Puey, L. (1992) referidas a Física y en particular a Óptica, y el dato aportado por Moreira (1994): el 38% de los temas de los artículos de investigación publicados durante diez años en la revista Enseñanza de las Ciencias están relacionados con las preconcepciones.

Relación Alumno-Profesor.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE M. P., DÍAZ DE BUSTAMANTE J.(2003) “Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias : cuestiones teóricas y metodológicas” Enseñanza de las Ciencias, Vol. 21, N° 3 .pp 359-370

Relación Profesor-Medio.

ALVAREZ M. CARLINO P.C. (2004) “La distancia que separa las concepciones didácticas de lo que se hace en clase: el caso de los trabajos de laboratorio” Enseñanza de las Ciencias, Vol.22, N° 2 .pp 263-274

Relación Alumno-Saber-Medio.

BERNARDINO J. (2002). “Desarrollar conceptos de física a través del trabajo experimental : evaluación de auxiliares didácticos”. Enseñanza de las Ciencias Vol 20, N°1 pp. 115-132

PATRICK H.M. SINS, ELWIN R. SAVELSBERGH, WOUTER R. VANJOOINGEN (2005) “The difficult process of scientific modelling: an analysis of novices reasoning during computer-based modelling” International Journal of Science Education, Vol 27, N° 14, pp 1695-1721

Desarrollo de la Didáctica

CARDELLI JORGE (2006) “ Reflexiones críticas sobre el concepto de Transposición Didáctica de Chevallard”. Cuadernos de antropología Social V. 19. buenos aires

GALLEGO TORRES A., GALLEGO BADILLO, R (2006) “Acerca del carácter tecnológico de la nueva Didáctica de las Ciencias” Revista electrónica de enseñanza de las Ciencias, Vol. 5, N° 1.

DE CUDMANI, L., PESA, MARTA A, Y SALINAS J. (2000) “Hacia un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias” Enseñanza de las Ciencias, V. 18, 3 pp 3-13.

ADÚRIZ-BRAVO A, IZQUIERDO AYMERICH, M.(2002) “Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma” Revista electrónica de enseñanza de las Ciencias, Vol.1, N° 3.