

Implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza para el tópico física de partículas en una disciplina de estructura de la materia basada en la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud

Isabel Krey¹ y Marco Antonio Moreira²

¹UNIVATES – Centro Universitário. Lajeado. Brasil. E-mail: isakey@uivates.br.

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Física. Porto Alegre. Brasil. E-mail: moreira@if.ufrgs.br

Resumen: En este trabajo presentase resultados de una investigación respecto a la enseñanza de conceptos de la Física de Partículas en una asignatura de Estructura de la Materia en un curso de formación inicial de profesores de Física para la Enseñanza Media. El marco teórico de la investigación fue construido a partir de las teorías de los Campos Conceptuales de Vergnaud y del Aprendizaje Significativo de Ausubel. La metodología consistió básicamente en una intervención didáctica basada en situaciones diseñadas para dar sentido a los conceptos. Los resultados sugieren que dicha metodología ha facilitado el aprendizaje significativo de algunos conceptos de Física de Partículas y ha estimulado los futuros profesores a trabajar esos conceptos con estudiantes de secundaria.

Palabras clave: Física de partículas, formación inicial de profesores, situaciones-problema, aprendizaje significativo.

Title: Implementation and evaluation of a teaching proposal for the topic Particle Physics in the subject Structure of Matter based on Vergnaud's conceptual fields theory.

Abstract: In this paper, the results of a research on the teaching of some concepts of particle physics in the subject Structure of Matter in a teacher preparation course are presented. The theoretical framework of the study was constructed taking into account Vergnaud's conceptual fields theory and Ausubel's meaningful learning theory. The methodology was essentially a didactical intervention based on problem-situations designed to provide meaning to the concepts. Research findings suggest that such a methodology facilitated the meaningful learning of some concepts of particle physics and stimulated the prospective teachers to approach these concepts at high school level.

Keywords: Particle Physics, teacher preparation, problem-situations, meaningful learning.

Introducción

Mucho se ha discutido en diversas reuniones y mucho se ha investigado sobre la importancia de la enseñanza de la Física Moderna y Contemporánea (FMC) en la Enseñanza Media, principalmente desde abril de 1986, con la

"Conferencia sobre la Enseñanza de Física Moderna", realizada en el Fermi National Accelerator Laboratory, Batavia, Illinois, evento considerado como hito en esta línea. A pesar de que hay varios trabajos sobre esta área, no hay mucho en la literatura sobre *cómo enfocar los temas modernos y contemporáneos en la escuela secundaria* (Ostermann y Moreira, 2000, pág. 392), ni sobre cómo preparar los profesores para eso.

En este trabajo presentamos una investigación sobre la formación inicial de profesores en cuanto a los conceptos de *Física de Partículas*. Esta investigación forma parte de una investigación más amplia, sobre la preparación de profesores para la enseñanza de FMC en la Enseñanza Media, con conceptos de Física Nuclear, Física de Partículas y Radiación, a través de la disciplina de Estructura de la Materia en la carrera de Ciencias Exactas del Centro Universitario UNIVATES (Lajeado – RS, Brasil).

Dentro de la FMC, el estudio de Física de Partículas en la Enseñanza Media forma parte de una tendencia mundial (Lobato y Greca, 2005, pág.128). En Brasil, la legislación vigente, a través de los PCNs (Brasil, 1999) y de los PCNs + (Brasil, 2002), recomienda la enseñanza de tópicos de Cosmología, Materia y Radiación. Al mismo tiempo, podemos observar que existe preocupación por la formación inicial por parte de los gobernantes, pues los mismos documentos mencionan que "*El profesor no aprende a crear situaciones didácticas eficaces en las cuales surja su área de conocimiento en contextos de interés efectivo de sus estudiantes*" (Brasil, 2002, pág.140). La actuación de los profesores en clase y la formación inicial ha sido el objeto de innumerables investigaciones (e.g. Gil Pérez, 1991; Blanco y Péres, 2000). En nuestra actuación profesional estamos interesados principalmente en la formación inicial, en cómo preparar profesores capaces de abordar tópicos de FMC de una forma atractiva e inserta en la realidad de sus alumnos, como prevén los documentos citados anteriormente. Reiterando la importancia de la formación inicial, Rezende Júnior (2006) observó una fuerte tendencia de los licenciandos a reproducir, o asociar, lo que fue desarrollado en su formación inicial en cuestiones conceptuales y metodológicas en los espacios en los que actúan o en los que actuarán como docentes.

En el desarrollo de nuestro trabajo de investigación, partimos de la premisa de que hay una estrecha relación entre la formación inicial y la práctica docente, y nos basamos en los siguientes puntos:

1) los conceptos aprendidos significativamente (Ausubel et al., 1983) por el futuro profesor en su formación inicial ejercen influencia a la hora de elegir los contenidos que trabajará en su práctica profesional;

2) las experiencias didácticas vividas a través de situaciones potencialmente significativas (Vergnaud, 1990) en la formación inicial influyen en la metodología utilizada en la práctica docente del profesor.

En el contexto de la Enseñanza Media brasileña, en que las clases de Física son trabajadas en carga horaria mínima (muchas veces de un período semanal), el profesor tiene que hacer una selección de contenidos, que se basa en gran parte en sus experiencias anteriores como alumno, y la elección recae en tópicos en los que haya tenido una buena experiencia académica. En otras palabras, se sentirá más inclinado a trabajar con

contenidos en los que tuvo un aprendizaje más satisfactorio o significativo. Asimismo, aplicará metodologías que en su experiencia contribuyeron a este aprendizaje significativo durante su formación inicial.

Para investigar cómo la formación inicial puede predisponer o influir en la práctica docente, nos proponemos a investigar la disciplina de Estructura de la Materia, que tradicionalmente trata de tópicos de FMC. Podemos decir, resumidamente, que la pregunta central de la investigación como un todo es: *¿Cómo conducir la enseñanza en la(s) disciplinas(s) de Estructura de Materia (o equivalentes) en la Licenciatura (en Brasil, la Licenciatura es un curso destinado exclusivamente a la formación de profesores) en Física con el fin de que futuros profesores de Física aprendan, de manera significativa, contenidos de Física Moderna y Contemporánea y sean capaces de hacer la transposición didáctica necesaria para abordarlos en la Enseñanza Media?* En la parte descrita en este trabajo esa pregunta se refiere solamente al tópico Física de Partículas de la asignatura Estructura de la Materia.

Sobre esta cuestión, Rezende Júnior (2006) critica la manera en que la disciplina de Estructura de la Materia es normalmente impartida, semejante a las disciplinas de Mecánica Cuántica, con poco énfasis en la discusión conceptual y en la fenomenología, dando más importancia a los cálculos. Haciendo una disciplina con este énfasis, los licenciandos adquirirán una formación insuficiente para abordar la FMC en la Enseñanza Media atendiendo los parámetros curriculares citados anteriormente. En este sentido, este investigador destaca la necesidad de disciplinas en la formación inicial en las que los licenciandos puedan debatir y vivenciar tópicos de FMC, aproximándolos a los fenómenos, conceptos, teorías y experimentos, formas de medida, etc. (op. cit., pág. 72), sugiriendo la aplicación de una metodología diferenciada.

El principal referencial teórico escogido para dar soporte a la investigación mencionada es la *Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud* (Vergnaud, 1990), a la cual añadimos la *Teoría de Aprendizaje Significativo de Ausubel* (Ausubel et al. 1983).

En el área de la Física, la Teoría de los Campos Conceptuales ha sido utilizada con buenos resultados al investigar el proceso de aprendizaje a través de la detección y análisis de *invariantes operatorios* (Llancaqueo, Caballero y Moreira, 2003; Escudero, Moreira y Caballero, 2003; Covalada, Moreira y Caballero, 2005; Grings, Caballero y Moreira, 2006). También hay trabajos de investigación sobre el desarrollo de metodologías basadas en situaciones, en los cuales se analizó su implementación con resultados satisfactorios (Rezende Junior, 2006 y Stipcich, Moreira y Cabalero, 2006). Los invariantes operatorios son ingredientes de los esquemas y estos son lo que hay de invariante en la conducta del sujeto frente a una clase de situaciones, es decir, para dar cuenta de situaciones el sujeto utiliza invariantes operatorios que está en los esquemas.

Fundamentación teórica

La propuesta didáctica objeto de este estudio está basada en las situaciones de Vergnaud y busca generar el aprendizaje significativo de Ausubel. En consecuencia, a continuación se describen las dos teorías con

más destaque para la de Vergnaud por no ser tan conocida en enseñanza de las ciencias y por ser más básica para la propuesta didáctica.

Para Vergnaud (1987, 1990, 1993, 1994, 1998), el conocimiento se encuentra organizado en campos conceptuales, de los cuales se apropia el sujeto a lo largo del tiempo. Campos conceptuales pueden ser definidos como grandes conjuntos, informales y heterogéneos, de situaciones y problemas cuyo análisis y tratamiento requieren diversas clases de conceptos, procedimientos y representaciones simbólicas que se conectan unas con otras (Vergnaud, 1990, pág. 23). Un campo conceptual resulta ser una unidad de estudio cuyos componentes – situaciones, conceptos, procedimientos, etc. – pueden ser tratados de forma independiente con relación a otros conjuntos. A pesar de ello, diferentes campos conceptuales pueden ser importantes para la comprensión de otros. Según Greca y Moreira (2002, pág. 5), en la Física, los campos conceptuales serían definidos a partir de la dificultad de conceptualizar los modelos y teorías que explican e interpretan la realidad. Podríamos, entonces, hablar de los campos conceptuales de la Mecánica Clásica, de la Electricidad, de la Termodinámica, de la Relatividad y de la Mecánica Cuántica, por ejemplo. El concepto de fuerza es un concepto que se relaciona con varios campos conceptuales de la Física, como el de la Mecánica y el de la Electricidad, por ejemplo.

Campo conceptual es también definido por Vergnaud como un conjunto de situaciones cuyo dominio requiere, a su vez, el dominio de varios conceptos de naturalezas distintas (1990, pág. 146). De esta forma, relaciona campos conceptuales con situaciones a través de los siguientes puntos (Vergnaud, 1983, pág. 393): 1) un concepto no se forma dentro de un único tipo de situaciones; 2) una situación no es analizada con un único concepto; 3) la construcción y apropiación de todas las propiedades de un concepto o de todos los aspectos de una situación es un proceso largo y que se extiende a lo largo de los años, a veces una decena de años, con analogías y malentendidos entre situaciones, entre conceptos, entre procedimientos y entre representaciones simbólicas.

El concepto no es sólo su propia definición. Es sólo a través de situaciones y problemas a resolver que un concepto adquiere sentido para el alumno. Este proceso también fue importante en la Historia de las Ciencias (Vergnaud, 1993, pág. 1). Entonces, son las situaciones las que dan sentido a los conceptos (en nuestro caso, a los conceptos físicos). Se puede decir que el sujeto que domina un conjunto de situaciones que relacionan varios conceptos, domina el campo conceptual que engloba estos conceptos.

Dentro de esta teoría, un concepto está constituido por tres conjuntos (Vergnaud 1990, pág. 145), $C = (S, I, R)$ donde:

S (referente) es un conjunto de situaciones que dan sentido al concepto;

I (significado) es un conjunto de invariantes (objetos, propiedades y relaciones) que permiten la operacionalidad del concepto, o el conjunto de invariantes operatorios asociados al concepto, que pueden ser reconocidos y usados por los sujetos para analizar y dominar las situaciones del primer conjunto;

R (significante) es el conjunto de representaciones simbólicas (lenguaje natural, gráficos y diagramas, sentencias formales, etc.) que pueden ser usadas para indicar y representar esos invariantes y las situaciones y procedimientos para trabajar con ellas.

Un concepto puede ser considerado como un conjunto de invariantes utilizables en la acción, que también implica un conjunto de situaciones que constituyen el referente y un conjunto de esquemas puestos en acción por los sujetos en estas situaciones. De ahí la tríada (S, R, I) donde, en términos psicológicos, S es la realidad y (I, R) la representación que puede ser considerada como dos aspectos del pensamiento que interactúan, el significado (I) y el significante (R) (Vergnaud, 1998, pág. 141). Para estudiar el desarrollo y el uso de un concepto a lo largo del aprendizaje o de su utilización, es necesario considerar estos tres componentes del conjunto simultáneamente.

Es importante destacar que *situación* es un concepto-clave en esta teoría, y no tiene el mismo sentido que una situación didáctica, sino el mismo sentido atribuido por los psicólogos – los procesos cognitivos y las respuestas del sujeto son función de las situaciones con que él se depara. En otras palabras, se puede decir que situaciones son problemas o tareas, y toda situación compleja puede ser analizada como una combinación de tareas más simples (Vergnaud, 1993, pág. 9).

A pesar de que el concepto adquiera sentido a través de las situaciones, el sentido no está en ellas mismas, así como no está en las palabras ni en los símbolos (Vergnaud, 1994, pág. 158). Para que el alumno aprenda, se le debe de presentar una gran variedad de situaciones, de forma que éste pueda ir dominando progresivamente los conceptos abordados. En contrapartida, no sería posible abordar en una situación de clase *todas las* situaciones referentes a un determinado campo conceptual; y el dominio de un concepto es progresivo, pasando incluso por las concepciones alternativas - ideas que los alumnos utilizan espontáneamente para enfrentar problemas o fenómenos científicos y no son necesariamente las científicas. Esto porque, según Vergnaud (op. cit., pág. 12), existe una gran variedad de situaciones en un determinado campo conceptual (idea de variedad) y los conocimientos de los alumnos son elaborados por situaciones que enfrentan y dominan progresivamente (idea de historia).

Otro concepto-clave de esta teoría es el de *invariante operatorio*, que puede ser de dos tipos: *concepto-en-acción* y *teorema-en-acción*. El esquema - forma estructural de la actividad, es la organización invariante de la conducta del sujeto sobre una clase de situaciones dadas, y contiene conocimientos-en-acción que son implícitos - es la organización de la conducta para una cierta clase de situaciones y los invariantes operatorios son componentes esenciales de los esquemas. Los esquemas utilizados por el individuo al resolver una determinada situación es lo que le da sentido a la misma, y el funcionamiento cognitivo de un sujeto se basa en su repertorio de esquemas disponibles (op. cit., pág. 5). Teorema-en-acción es una proposición sobre lo real considerada como verdadera; concepto-en-acción es una categoría de pensamiento considerada como relevante (Vergnaud, 1998, pág. 167).

La teoría de Vergnaud tiene una fuerte base piagetiana que se manifiesta principalmente en el papel importante que el concepto de esquema tiene en esta teoría. Por otro lado, tiene también influencia vygotkskyana, pues considera el profesor como mediador a lo largo del proceso que caracteriza el progresivo dominio de un campo conceptual por parte del alumno a través de la mediación (Moreira 2004, pág. 79). Su tarea consiste principalmente en ayudar al alumno a desarrollar su repertorio de esquemas y representaciones. El lenguaje y los símbolos son importantes en el proceso de acomodación y el profesor hace amplio uso de ellos en su función mediadora. Pero el principal acto mediador del profesor es el de promover situaciones fructíferas para los alumnos (Vergnaud, 1998, pág. 181).

En nuestro trabajo, las situaciones tienen especial importancia; por eso, destacamos también los siguientes aspectos que consideramos importantes:

a) la elaboración de situaciones potencialmente significativas para los alumnos no es tarea fácil, y demanda un largo tiempo de preparación;

b) situaciones basadas solamente en el dominio conceptual no son suficientes para que el alumno se sienta completamente involucrado;

c) situaciones que los científicos consideran desafiantes en su vivencia profesional, no siempre son consideradas de la misma forma por los alumnos;

d) una situación potencialmente significativa (fructífera) para el alumno es aquella que lo motive y lo seduzca, generando interés para que se empeñe en resolverla;

e) podemos también diferenciar las situaciones en cuanto a su empleo en la clase: las que se destinan a la introducción de conceptos y las utilizadas como evaluación del aprendizaje. Sin olvidar que en las situaciones de evaluación también puede haber aprendizaje.

El concepto central de la teoría de David Ausubel es el de *aprendizaje significativo*, un proceso a través del cual se relaciona una nueva información, de manera no arbitraria y sustantiva (no literal), a un aspecto específicamente relevante de la estructura cognitiva del individuo. En este proceso, la nueva información interactúa con una estructura de conocimiento específica, la cual Ausubel llama "concepto subsunor", ya existente en la estructura cognitiva de quien aprende (Moreira y Ostermann, 1999, pág. 46). De esta forma, hay aprendizaje significativo cuando la nueva información "se ancla", interactivamente, en conceptos relevantes (subsunores) preexistentes en la estructura cognitiva. Nuevas ideas, conceptos, proposiciones pueden ser aprendidos significativamente (y retenidos) en la medida en que otras ideas, conceptos, proposiciones, relevantes e inclusivos estén, adecuadamente claros y disponibles, en la estructura cognitiva del individuo y funcionen, de esa forma, como punto de anclaje para las primeras. De esta forma, para Ausubel, el conocimiento previo (subsunor) es el principal factor separado que influye en la adquisición de nuevos conocimientos. El aprendizaje significativo se opone al aprendizaje mecánico, en el cual hay solamente memorización de informaciones inconexas.

Las teorías de Vergnaud y de Ausubel son semejantes en lo que se refiere a la importancia del conocimiento previo, y lo que para Ausubel son campos organizados de conocimientos, para Vergnaud son campos conceptuales (Moreira, 2004, pág. 83).

Como ya se dijo, para Vergnaud es normal que los alumnos presenten las llamadas concepciones alternativas, que deben ser consideradas como precursoras de los conocimientos científicos que serán adquiridos. La activación de estos precursores es necesaria y debe ser guiada por el profesor (op. cit. pág. 82) a través de situaciones preparadas cuidadosamente para este fin. La presentación de diversas situaciones en distintos niveles de complejidad, dentro de un campo conceptual permite que el alumno relacione nuevos conceptos a los que ya posee, favoreciendo el aprendizaje significativo y la superación de estas concepciones alternativas. Por otro lado, puede ocurrir que ciertos conceptos sólo puedan ser construidos si ciertas concepciones previas son abandonadas, pues estas concepciones funcionarían como obstáculo epistemológico (Vergnaud, 1990, pág. 83).

De acuerdo con la Teoría de los Campos Conceptuales, el proceso enseñanza-aprendizaje se da a partir de la elaboración de situaciones que tengan en cuenta la identificación de los conocimientos previos necesarios para que haya aprendizaje significativo, la interacción con conceptos nuevos y, en algunos casos, proporcionar una ruptura con conocimientos que puedan ser obstáculos. El aprendizaje significativo ocurre cuando el sujeto domina un conjunto de situaciones que relacionan varios conceptos y domina el campo conceptual que engloba estos conceptos.

De acuerdo con los referenciales teóricos adoptados, el profesor tiene como papel principal proveer, a través de la identificación y propuesta de situaciones, oportunidades a los alumnos para que desarrollen sus esquemas en la zona de desarrollo proximal (Vergnaud, 2004). Estas situaciones deben ser cuidadosamente escogidas y presentadas en el momento adecuado, para que ocurra el aprendizaje deseado. Pensamos entonces que el proceso enseñanza-aprendizaje debe de ser conducido de forma que el alumno conceptualice y desarrolle sus propios esquemas frente a una clase de situaciones y reconozca cuáles son los esquemas apropiados para diferentes clases de situaciones, para que, de esta forma, haya un aprendizaje significativo. Para que este procedimiento tenga el suceso pretendido, es necesario que el alumno se apropie de la situación propuesta, o sea, que sea significativa para él (Franchi, 1999, pág. 189).

Metodología: implementación y evaluación de la propuesta

La investigación consistió básicamente en la intervención didáctica en la disciplina de Estructura de la Materia, que es del último semestre de la Licenciatura Plena en Ciencias Exactas del Centro Universitario UNIVATES, RS, Brasil, con habilitación integrada en Física, Química y Matemáticas. La metodología utilizada fue basada en la Teoría de los Campos Conceptuales, a través de la construcción y aplicación de situaciones, para favorecer el aprendizaje significativo de los contenidos de FMC, pues de acuerdo con los referenciales adoptados, la principal función del docente es la de proponer situaciones que promuevan el aprendizaje significativo.

Los contenidos trabajados en la disciplina con la utilización de esta metodología fueron los siguientes: Física de Partículas, nociones de Física Nuclear y Radiación. En este trabajo vamos a presentar los resultados referentes al trabajo con el contenido *Física de Partículas Elementales*.

La investigación fue realizada en dos etapas. En la primera, la disciplina fue trabajada de forma tradicional con un grupo de 28 alumnos. Al final del semestre éstos hicieron una evaluación de la disciplina que tuvo 20 entrevistados. Las preguntas propuestas fueron construidas en conjunto por los profesores de Ciencias Exactas y aplicadas por todos en las disciplinas de aquel semestre. El objetivo de este cuestionario era que los alumnos hicieran una evaluación de la disciplina sobre la metodología utilizada, de la actuación del profesor, de los contenidos trabajados, y sobre el sistema de evaluación. El cuestionario fue respondido de forma anónima y las preguntas respondidas están presentadas a continuación. El nivel de aprendizaje de los alumnos fue evaluado a través de la confección de un texto orientado a la Enseñanza Media (construido en parejas).

Evaluación de la disciplina

1) ¿Cuál es tu opinión sobre el trabajo del grupo, considerando los siguientes aspectos: motivación, participación, compromiso, relación, aprendizaje, etc.?

2) ¿Cuál es tu opinión sobre el profesor, con respecto a su interacción con los alumnos, su motivación con la disciplina y en el sentido de proporcionar un buen ambiente de trabajo?

3) Con respecto a los contenidos abordados, ¿cuál es tu opinión sobre su importancia, su aplicabilidad y su relevancia?

4) En tu opinión, ¿la metodología, a través de las actividades propuestas ha facilitado (o no) los siguientes aspectos (u otros): la construcción del conocimiento, la participación del alumno, la adquisición de habilidades? ¿De qué forma? ¿Qué necesita ser reformulado?

5) En tu opinión, ¿el sistema de evaluación es coherente con la metodología utilizada y con los contenidos abordados? ¿Por qué? ¿Qué necesita ser reformulado?

En la segunda etapa, al año siguiente, con otro grupo de 37 alumnos, la metodología adoptada en la disciplina fue diferenciada, basada en los referenciales conceptuales mencionados. Por lo tanto, los contenidos no fueron presentados de forma tradicional (expositiva) desde la primera clase, pues aunque la mediación a través del lenguaje tenga un papel crucial en la enseñanza de ciencias, no significa que el papel del profesor se limite a poner en palabras el contenido conceptual de los conocimientos (Vergnaud, 2007, pág. 4). Nuestro procedimiento se basó en situaciones de aprendizaje *teóricos* o *procedimentales* (no experimentales), donde los conceptos no eran presentados de inmediato, como sucede en una clase tradicional. En lugar de eso, los alumnos eran conducidos al concepto a través de argumentación, tareas, ejemplos de situaciones, analogías y cuestionamientos. Es decir, el formato tradicional que inicia con la presentación de las teorías y leyes en la forma de ecuaciones matemáticas, presentación de experimentos teóricos o prácticos, ejemplos de casos

específicos con aplicación del formalismo y la solución de ejercicios no fue utilizado.

Las situaciones que formaron parte de la metodología tenían como objetivo generar en el alumno una "necesidad cognitiva" del concepto trabajado, de forma que la situación propuesta ganase sentido a través del concepto. Se desarrollaron dos tipos de situaciones: *teóricas*, que se presentan a través de discusiones dirigidas o tareas de papel y lápiz; y *procedimentales*, que exigen la participación del alumno, haciendo con que tenga una participación activa (no sólo de pensamiento) en la ejecución de tareas, pudiendo también ser de papel y lápiz. Ambos tipos de situaciones tienen como objetivo principal favorecer el aprendizaje significativo del alumno. El propio Vergnaud hace una diferenciación entre problemas de naturaleza práctica y de naturaleza teórica (1990, pág. 135), además de distinguir entre la forma práctica del conocimiento, que permite actuar en la situación y su forma teórica, que enuncia los objetos de pensamiento, sus propiedades, sus relaciones y sus transformaciones (Vergnaud, 2007 pág.2).

En las situaciones teóricas, el lenguaje tenía un papel esencial, a través de la negociación de significados por la mediación del profesor, y podía consistir en experimentos de pensamiento y analogías, y de discusiones dirigidas en grandes o en pequeños grupos. Esas situaciones fueron utilizadas principalmente cuando se deseaba descubrir los conceptos subsunores de los alumnos y relacionarlos con conceptos nuevos.

Podemos citar como un ejemplo de situación teórica la introducción del concepto de fuerza como interacción a través del cuestionamiento sobre los tipos de fuerzas conocidos por los alumnos. A través de argumentación y cuestionamientos, las fuerzas fueron reducidas a dos: gravitacional y electromagnética. Según Ausubel (2000), el factor más importante para que haya aprendizaje significativo es tener en cuenta lo que el alumno ya sabe. Por eso, inicialmente las fuerzas fueron reducidas a apenas dos, que son las más conocidas por los alumnos. Posteriormente las fuerzas o interacciones nucleares fueron introducidas a través de otras situaciones.

Otro ejemplo de situación teórica fue la presentación del concepto de fuerza como interacción a través del intercambio de partículas, propuesto por Yukawa en 1935, donde la fuerza es mediada por una partícula. Inicialmente, esta mediación fue ejemplarizada a través de las dos fuerzas ya comentadas: fuerza electromagnética, a través del intercambio de *fotones*, y fuerza gravitacional, a través del intercambio de gravitones (aún no detectados). Además, esta idea fue ilustrada a través de las siguientes analogías:

a) *Patines*: Dos personas sobre patines, sobre una superficie lisa, una enfrente de la otra. Ambas están inicialmente paradas, y una de ellas tiene una bola en sus manos. Cuando la primera persona le tira la bola a la segunda, esta segunda persona sufre un retroceso. Análogamente, cuando la bola sea tirada nuevamente para la primera persona, sufrirá un retroceso también. Los retrocesos sufridos por ambas personas fueron en la misma dirección y sentidos opuestos. Podemos decir entonces que estas personas se alejaron, o sufrieron "repulsión". En este caso, la bola funciona como la partícula mediadora de la interacción.

b) *Partida de tenis*: En la mayoría de los juegos con pelota, cuanto más grande es la pelota, menor debe ser la distancia entre los jugadores y menor la velocidad de ésta. Así, en un juego de balonvolea (pelota grande), la distancia entre los jugadores es menor que la distancia entre jugadores de tenis (pelota más pequeña). Además, la velocidad de la pelota de tenis es mayor que la de balonvolea.

c) *Partida de fútbol observada por los extraterrestres*: Imagine la siguiente situación: Que una comitiva de extraterrestres vino a nuestro planeta para estudiar nuestras costumbres. Entre estas costumbres, estaba una partida de fútbol. Sólo que estos seres extraterrestres, debido a su estructura, no conseguían ver objetos de color blanco y negro. Entonces, en el juego de fútbol, no conseguían ver el balón. Durante el juego, veían los jugadores moviéndose y haciendo gestos, dando a entender que había entre ellos algún tipo de objeto. También pudieron observar que en determinados momentos, veían que la red se movía, y había una gran conmoción en la afición. También percibieron que en estas ocasiones, la red adquiría un formato redondeado. Estos seres observaron varios juegos y hacían muchas anotaciones, con la intención de entenderlo. Al final de varias observaciones y análisis de sus anotaciones, percibieron que todo el movimiento de los jugadores adquiriría sentido si ellos estuviesen cambiando entre sí un objeto, y que este objeto debía tener una forma redondeada. Todas estas conclusiones fueron sacadas sin que los extraterrestres pudiesen ver efectivamente el balón.

No siempre es conveniente la utilización de situaciones teóricas, en algunos casos no producen el efecto deseado. Por un lado, la clase sería muy repetitiva y, por otro, una situación que sea un problema teórico, o carezca de una explicación más detallada conceptualmente (físicamente) hablando (o significativa conceptualmente), no es necesariamente significativa para los estudiantes, y de esta forma los alumnos no se apropiarán de las situaciones. En estos casos fueron utilizadas las situaciones procedimentales. Se puede decir que estas situaciones son de carácter metodológico u operacional, o sea, se trata de abordar conceptos a través de procedimientos de los alumnos. Diferentemente de las situaciones teóricas, que son en la mayoría específicas para cada concepto, las situaciones procedimentales pueden ser consideradas genéricas, y pueden ser aplicadas en diferentes conceptos. También podemos decir que las situaciones procedimentales desarrollan capacidades diferentes de las capacidades desarrolladas por las situaciones teóricas. En nuestro contexto específico, en la elaboración de las situaciones procedimentales, tenemos en cuenta la idea de que, como futuros profesores, los estudiantes se sienten interesados en aplicarlas en su futura práctica docente, haciendo que se apropien de ellas. También consideramos que las actividades procedimentales son útiles en la *transposición didáctica* (Chevallard, en Brockington y Pietrocola, 2005), auxiliando en la operacionalización de los conceptos, pues según *contenidos que no consiguen generar actividades que se pueden evaluar no serán transpuestos, y la operacionalización del saber en actividades para los estudiantes es uno de los criterios más importantes para su presencia en la clase.*

Podemos citar como un ejemplo de situación procedimental la confección de un texto sobre Física de Partículas con lenguaje apropiado para ser

utilizado en la Enseñanza Media. Este tipo de situación tuvo como objetivo hacer con que los estudiantes, además de aprender significativamente los conceptos físicos, se preparasen para el uso de estas actividades en su futuro profesional. La confección de mapas conceptuales por los alumnos también es un ejemplo de lo que fue considerado situación procedimental.

Al final de la segunda etapa, los alumnos también hicieron una evaluación de la disciplina escribiendo libremente sobre los aspectos positivos y negativos, y respondieron un cuestionario de actitudes sobre la metodología utilizada:

Haga una evaluación de la disciplina y una auto-evaluación, destacando los puntos positivos y negativos y analizando tu desempeño.

Resultados

De acuerdo con los referenciales teóricos adoptados, el aprendizaje significativo ocurre cuando el sujeto domina progresivamente un campo conceptual, siendo capaz de establecer relaciones entre conceptos y organizar estas relaciones en un cuerpo coherente de conocimientos, para expresarse a través del lenguaje formal y transferir tales conocimientos a situaciones nuevas.

La situación utilizada para buscar evidencias de aprendizaje significativo en los estudiantes en la primera etapa fue la confección en parejas de un texto sobre Física de Partículas en nivel de Enseñanza Media. En la segunda etapa, además de la elaboración del texto, los alumnos elaboraron un mapa conceptual. En estas situaciones, el referente se presenta en la forma de tarea de la confección del texto (o del mapa), y el texto propiamente dicho (o el mapa) presenta indicios sobre el conocimiento de los autores sobre los significados y los significantes contemplando la triada (S, R, I). Además de representar indicios sobre lo que fue aprendido por el alumno, la ejecución de estas tareas propició durante el proceso que los alumnos organizaran sus conocimientos, colaborando para el aprendizaje. Podemos suponer, por tanto, que son situaciones adecuadas a los objetivos que esta investigación se propone alcanzar. Es decir estamos suponiendo que la confección de un texto y/o de un mapa conceptual son situaciones nuevas tal como pone Ausubel para buscar evidencias de aprendizaje significativo.

Para verificar el nivel de aprendizaje de los alumnos, se analizaron y categorizaron los datos referentes a las situaciones de evaluación. A partir de este análisis, se definieron tres categorías en tres diferentes niveles: *superior, medio e inferior*.

Los alumnos que encajan en la primera categoría demuestran que tienen un buen dominio de los principales conceptos y de las relaciones entre ellos, presentándolos a través de la utilización de un lenguaje preciso, demostrando también un buen entendimiento de los significados y significantes en cada situación propuesta. En la segunda categoría, el dominio de los conceptos no es tan completo, así como las relaciones entre ellos; y, en la tercera categoría, encajan los alumnos que demuestran conceptos erróneos o confusión entre ellos, además de falta de relaciones o relaciones erróneas entre ellos.

En las dos etapas, los textos fueron divididos en las tres categorías mencionadas anteriormente. Un texto se encuadra en la categoría *superior* cuando sus autores demuestran dominio de los principales conceptos estudiados, de los invariantes operatorios inherentes al campo conceptual de las partículas elementales, y de las relaciones entre ellos, los presentando de forma organizada y a través de lenguaje coherente y accesible al nivel propuesto, utilizando adecuadamente el lenguaje escrito.

En la categoría *intermedia*, se encuadran los textos que demuestran que sus autores poseen un cierto conocimiento de las palabras que representan algunos conceptos y presentan indicios de algunos invariantes operatorios, pero no consiguen relacionarlos todos adecuadamente sin la mediación del profesor. La utilización del lenguaje es deficiente en algunos puntos, demostrando confusión entre conceptos y relaciones incompletas.

Los textos en los que los autores demuestran que no han comprendido de forma significativa varios conceptos, sin relacionarlos, que no utilizan el lenguaje de forma satisfactoria, resultando en copias de pedazos de textos de otras fuentes, de lectura confusa y no adecuado a su nivel, están en la categoría *inferior*. Estos alumnos aparentemente se encuentran en una fase de desequilibrio, sin conseguir la acomodación referente a este campo conceptual, demostrando abandono de la ejecución de la tarea.

Presentamos una tabla con la categorización de los textos y el número de parejas y porcentajes con relación al número de alumnos de cada etapa, en cada categoría (tabla 1).

Categoría	Criterios	Primera Etapa	Segunda Etapa
Superior	- principales conceptos presentes; - texto coherente, bien escrito; - adecuado al nivel medio.	2 parejas (~15%)	8 parejas (~42%)
Intermedia	- falta de conceptos y confusión entre ellos; - relaciones incompletas; - el texto deja a desear.	8 parejas (~61%)	7 parejas (~37%)
Inferior	- falta de conceptos y mucha confusión entre ellos; - pocas relaciones; - texto mal escrito: copia de varias fuentes.	4 parejas (~30%)	4 parejas (~21%)

Tabla 1.- Categorización de los textos.

Al comparar los textos elaborados por los estudiantes en las dos etapas, vemos que los textos de la segunda etapa presentaron un número mayor de conceptos abordados, y una mayor cantidad de parejas tuvo su texto en la categoría dominada. De acuerdo con Ausubel, la comprensión genuina de un concepto o proposición implica la posesión de significados claros, precisos, diferenciados y transferibles (Moreira, 1985, pág. 65). Esta posesión se debe reflejar en la elaboración de un texto de buen nivel.

Podemos decir entonces que en la segunda etapa hubo más evidencia de aprendizaje significativo que en la primera, pues al escribir un texto que abarca más conceptos, relacionándolos de una forma simple, capaz de ser entendida por alumnos de Enseñanza Media, el estudiante demuestra que ha alcanzado un aprendizaje significativo y el dominio de la tríada (S, I, R).

En la segunda etapa, los alumnos confeccionaron un mapa conceptual (Novak y Gowin, 1984) sobre Física de Partículas. Los mapas confeccionados en la segunda etapa fueron analizados y divididos en las tres categorías ya mencionadas: *superior*, *intermedia* e *inferior*. Además, los mapas recibieron una puntuación, conforme Novak y Gowin (op. cit.). Esta técnica propone la elaboración de un mapa de referencia, que fue confeccionado y recibió 100 puntos.

Pertencen a la categoría *superior* los mapas que presentan los conceptos principales, dentro de una jerarquía bien definida, demuestran dominio de las relaciones entre los conceptos, y puntuación superior a 60 puntos. La relación entre los conceptos representa la presencia de invariantes operatorios. La presencia de relaciones que representan invariantes operatorios "científicamente aceptados" sugiere que hubo aprendizaje significativo de los estudiantes. En la figura 1 presentamos un mapa que pertenece a esta categoría.

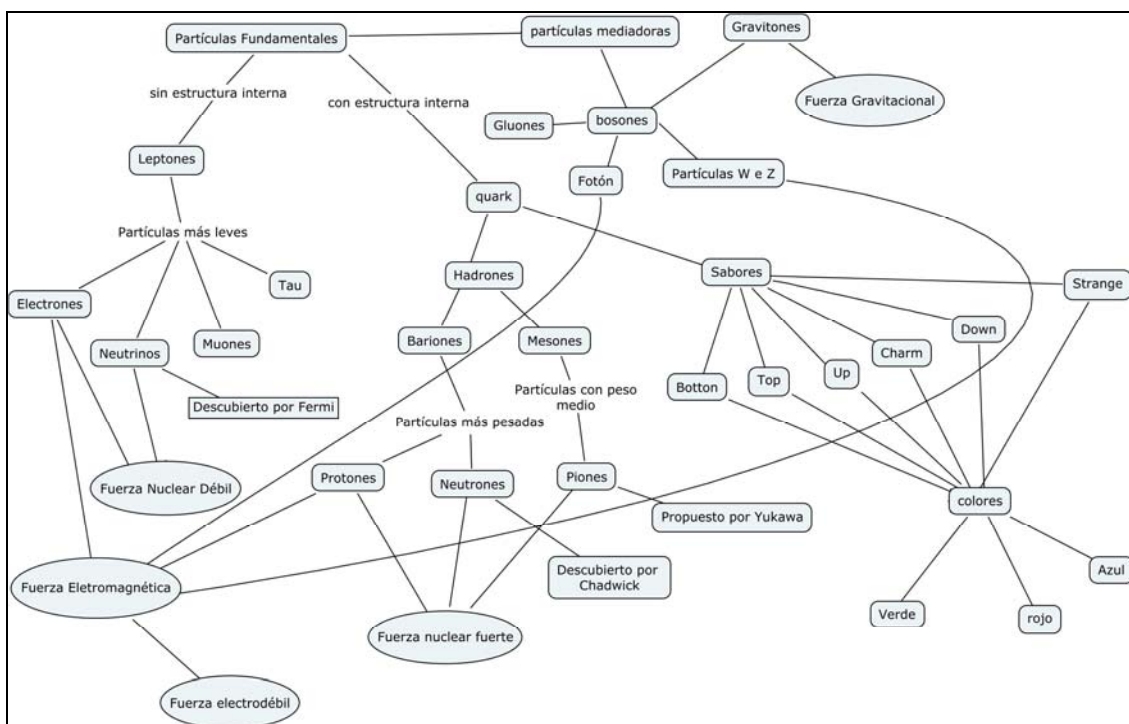


Figura 1.- Ejemplo de mapa conceptual perteneciente a la categoría *superior*

Un mapa era considerado de la categoría *intermedia* si no estuviesen presentes todos los conceptos, presentase jerarquía, no dominase todas las relaciones, y recibiese puntuación entre 45 y 60 puntos. En la figura 2 presentamos un mapa categorizado como *intermedio*.

En la categoría *inferior* estarían los mapas que presentasen pocos conceptos, demostrasen pocas relaciones, no presentasen jerarquía, y tuviesen puntuación inferior a 45 puntos. En la figura 3 presentamos un

ejemplo de mapa categorizado como *inferior* y en la tabla 2 se presentan las categorías, criterios y cantidad de mapas presentes en cada una.

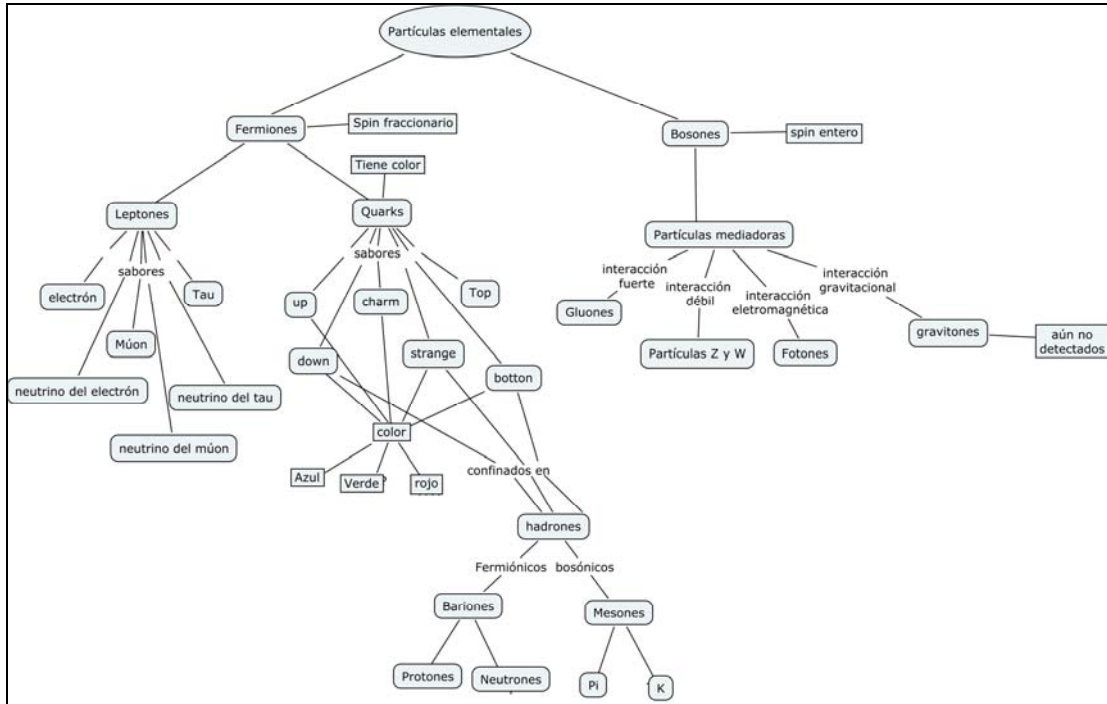


Figura 2.- Ejemplo de mapa conceptual encuadrado en la categoría *intermedio*.

Al final de la segunda etapa fue realizada una evaluación de la disciplina a través de un cuestionario de actitudes.

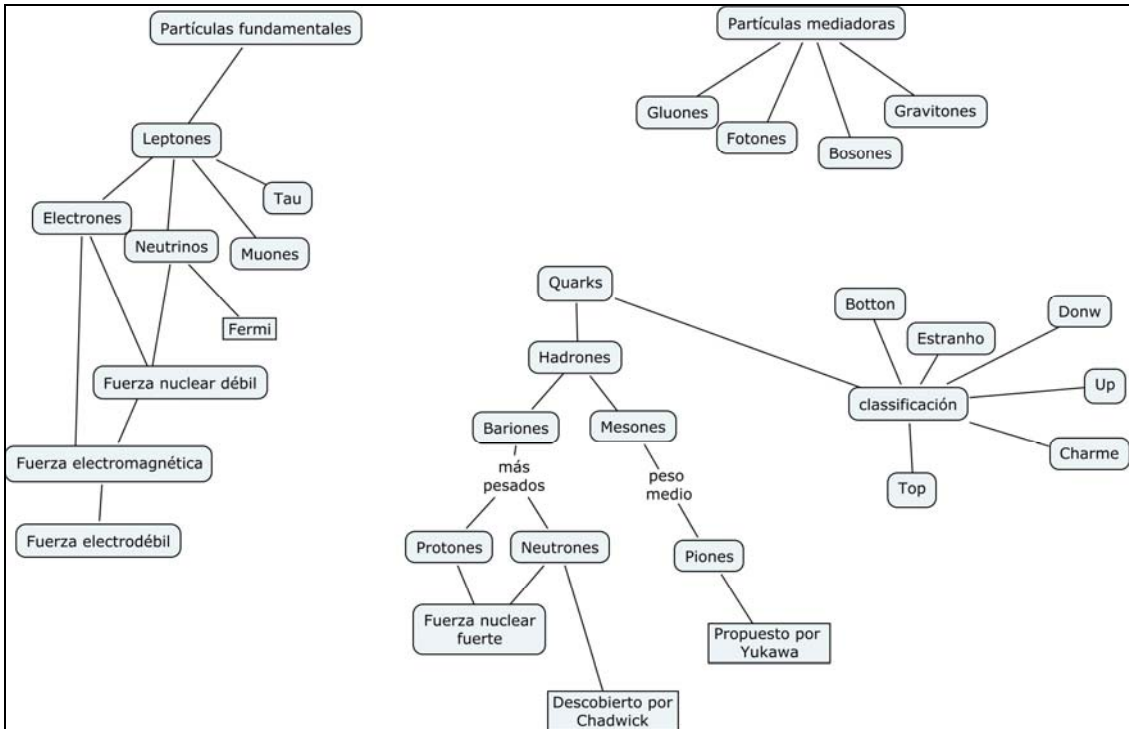


Figura 3.- Un ejemplo de mapa conceptual de la categoría inferior.

El cuestionario presentado a los alumnos se encuentra en la tabla 3, (anexo 1) juntamente con los porcentajes obtenidos a través de la aplicación de éste.

De acuerdo con las respuestas, se puede notar que los alumnos percibieron que la metodología utilizada en el transcurso de las clases fue diferenciada, y que facilitó su aprendizaje. Otro resultado a ser destacado es que la mayoría de los alumnos considera que es una metodología que puede ser aplicada en la Enseñanza Media y pretenden utilizarla cuando sean profesores. Estos resultados confirman nuestra hipótesis de que un aprendizaje significativo está relacionado con la disposición en impartir determinados contenidos.

Categoría	Criterios	Alumnos
Superior	<ul style="list-style-type: none"> - presentan los principales conceptos; - presentan una jerarquía bien definida; - no presentan relaciones equivocadas (o muy pocas); - presentan puntuación superior a 60. 	9 (~24%)
Intermedia	<ul style="list-style-type: none"> - faltan conceptos; - presentan jerarquía; - presentan relaciones equivocadas; - puntuación entre 60 y 45. 	18 (~47%)
Inferior	<ul style="list-style-type: none"> - presentan pocos conceptos; - presentan relaciones equivocadas o pobres; - no presentan jerarquía; - puntuación inferior a 45. 	10 (~26%)

Tabla 2.- Categorización de los mapas.

Para un análisis más eficaz de las respuestas, fue calculado el *coeficiente de fiabilidad*, que es una medida de la consistencia interna del cuestionario aplicado. Para este cálculo, se dividieron las preguntas en dos grupos y se calculó el coeficiente alfa de Cronbach (Moreira y Veit, 2007) para cada grupo.

Las preguntas fueron divididas en los siguientes grupos: preguntas favorables (1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13, 18, 20, 21) y desfavorables (7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 19, 22) a la metodología aplicada. Como resultado, se obtuvo un coeficiente alfa de 0,8952 para las preguntas favorables y de 0,8877 para las desfavorables; resultados obtenidos sin retirar ningún ítem. Estos resultados indican que hay una buena correlación interna, pues los valores calculados están muy próximos a 1, o sea, son fidedignos. Como tales resultados están de acuerdo con los de las evaluaciones cualitativas presentadas a continuación, se puede decir que este instrumento tiene validez dentro de la finalidad que se propone, que es evaluar la opinión de los alumnos sobre la validez de la metodología utilizada.

En la primera etapa, 20 alumnos respondieron la evaluación cualitativa de la disciplina, y en la segunda, 35 alumnos respondieron la evaluación. En ambos casos las evaluaciones fueron anónimas.

a) La metodología utilizada en la primera etapa fue considerada tradicional y desmotivadora:

"En cuanto a la metodología, pienso que fue la causa de la desmotivación que fue apareciendo en el grupo a lo largo de las clases, pues las clases eran bastante teóricas y expositivas. Sin embargo, no veo que haya otra manera de trabajar con los contenidos de la disciplina, ya que el asunto es bastante teórico."

"La metodología es buena, pero a veces no sería necesario que las clases fuesen tan tradicionales."

"Para facilitar la construcción, creo que si fuese posible más practicidad en los contenidos... sería bueno experiencias, actividades prácticas, así sería más fácil visualizar, la comprensión mejoraría."

"Me gustó la metodología. Pero creo que sería interesante hacer un seminario. Que cada alumno buscara sobre el asunto de la próxima clase, traer ideas, novedades..."

"... una forma que tal vez traiga más resultado es hacer más trabajos de investigación, pues es una manera de desafiar al alumno."

"Pienso que una de las principales formas de reformulación debería ser la de intentar lo máximo posible poner ejemplos, ejercicios que relacionen el contenido con el cotidiano para facilitar más el aprendizaje."

"Las clases y la metodología aplicada fueron bastante interesantes, a pesar de que sentí dificultades en algunos momentos durante la disciplina."

b) En la segunda etapa, la metodología fue percibida como diferenciada, eficaz y aplicable en la Enseñanza Media:

"Me gustó mucho la metodología usada en esta disciplina. Lo que me pareció más interesante y donde yo aprendí más fue cuando hicimos el trabajo sobre quarks para entregar. Aprendí mucho con eso. Sin olvidar los mapas conceptuales. Tuvimos que hacerlos varias veces pero valió la pena. Finalizando, fue una disciplina muy buena de estudiar."

"Me gustó mucho esta disciplina, creo que la metodología utilizada contribuyó para mi aprendizaje, me sentí incentivada a buscar el conocimiento, querer saber más principalmente en los contenidos de partículas elementales y en los que nosotros presentamos."

"La metodología de enseñanza usada en la disciplina fue muy buena, porque prácticamente fue basada totalmente en la participación activa del alumno en actividades en grupo e individuales, lo que es muy importante en la formación de profesores."

"Al principio, el contenido me parecía un poco difícil, pero a lo largo de las clases fui entendiendo más el contenido a través de las explicaciones y mucho más con las presentaciones que los grupos hicieron, con lo cual conseguí entender más fácilmente las cosas."

"Al principio, pensé que la disciplina sería difícil, sólo por los nombres que aparecen en el material en los asuntos que serían trabajados a lo largo del semestre. Sin embargo a cada clase que pasaba empecé a interesarme más por los asuntos que estaban siendo abordados y a cambiar de idea."

"Esta disciplina me hizo ver los contenidos abordados con otros ojos, pues al principio del semestre estaba muy preocupada, pensando que iba a ser un contenido aburrido y sin mucho significado. Sin embargo, en el transcurso percibí que estaba equivocada, y que es muy bueno aprender sobre Física Moderna."

"Pienso que podrías adoptar esa metodología en las otras disciplinas también, principalmente en Mecánica Cuántica."

"La disciplina Estructura de la Materia con la profesora Isabel fue para mí, digamos que, diferente, principalmente diferente de la disciplina del semestre anterior, Mecánica Cuántica. Se trata de una metodología diferente, y desde mi punto de vista, es mejor."

"Me ha gustado mucho la metodología utilizada por la profe, pues mejoró mi aprendizaje."

"... creo que la metodología utilizada contribuyó para mi aprendizaje."

"Crecí mucho, y eso sin duda fue el resultado de una metodología diferenciada."

"Me gustaron estas clases, pues la metodología utilizada contribuyó para un mejor aprendizaje."

c) En la primera etapa, los contenidos trabajados no fueron considerados importantes ni aplicables en la Enseñanza Media:

"Todo cuanto aprendí a más es ventaja para nosotros, alumnos, pero en mi opinión es un contenido que fue muy complicado para ser comprendido y un contenido que no es estudiado en la Enseñanza Media."

"Son importantes hasta cierto punto, y creo que el conocimiento debe ser adquirido para quien haga Física pura."

"Algunos contenidos tienen aplicación en la Enseñanza Media, pero creo que muchos de ellos son muy complicados para la Enseñanza Media.. Algunos no sé si voy a explicarlos, pero aprendí cuánto tenemos que aprender."

"Con relación a los contenidos abordados, no creo que fueron muy importantes, pues como estamos concluyendo la facultad, estamos más preocupados con contenidos de la Enseñanza Media" que vamos a necesitar más de inmediato..."

d) En la segunda etapa hubo una inversión de esta opinión:

"Ahora veo que estos contenidos deben ser trabajados en la clase, pues los alumnos tendrán conocimiento de qué trata la Física Moderna para entonces llegar a una enseñanza más avanzada con otra visión y más conocimiento."

"Considero que los contenidos trabajados en Estructura de la Materia son de gran importancia para mi práctica profesional por el hecho de no tener conocimiento alguno antes de esta disciplina de los principales conceptos de la Física Moderna."

"Con la presentación de los colegas también aprendí bastante y es de esta forma que nosotros, profesores, debemos transmitir nuestro conocimiento a los alumnos."

"Verifiqué que los contenidos eran muy interesantes y que podrían ser trabajados en la Enseñanza Media."

Creemos que nuestros datos presentan fuertes evidencias de que el aprendizaje significativo está relacionado con la práctica docente, en el sentido de que si el futuro docente aprende de modo significativo un determinado contenido es probable que lo seleccione para trabajar con sus alumnos. Dichas evidencias están de acuerdo con nuestra hipótesis inicial de que hay una relación entre la manera como uno es enseñado y la manera como enseña futuramente.

Conclusiones y perspectivas

Este trabajo consiste en una investigación sobre la formación inicial, de cómo ésta puede predisponer o influir en la práctica docente y sobre cómo el aprendizaje significativo puede facilitar para los futuros profesores el proceso de transposición didáctica, necesario para abordar contenidos de Física Moderna en la Enseñanza Media. Para eso, se hizo una intervención didáctica en el tópico Física de Partículas de la disciplina de Estructura de la Materia en dos etapas. En la primera se trabajó de forma convencional, tradicional, y en la segunda, fue utilizada una metodología basada en la Teoría de los Campos Conceptuales, a través de la construcción y aplicación de situaciones potencialmente significativas para favorecer el aprendizaje significativo de los alumnos sobre los contenidos abordados. Estas situaciones fueron divididas en los siguientes grupos: *teóricas* y *procedimentales*, y de *introducción del contenido* y de *evaluación*.

En este trabajo las situaciones trabajadas fueron la elaboración, por parte de los alumnos, de un texto (primera y segunda etapas) y de un mapa conceptual (segunda etapa) sobre el asunto *Partículas Elementales*. Este material fue analizado, categorizado y dividido en tres niveles: *superior*, *intermedio* e *inferior*. A través de este análisis, encontramos evidencias de que en la segunda etapa el aprendizaje de una forma general fue más significativo que en la primera. El análisis de las respuestas de las evaluaciones de la disciplina parece demostrar que en la segunda etapa, que fue trabajada de forma diferenciada, la metodología fue considerada facilitadora de aprendizaje significativo, mientras que en la primera etapa, que fue trabajada de forma tradicional, la metodología fue bastante criticada. Además, en la primera etapa, los contenidos trabajados fueron considerados de poca aplicabilidad en la Enseñanza Media, mientras que en la segunda, tanto los contenidos trabajados como la metodología utilizada fueron considerados como aplicables en su futuro profesional.

Resumiendo, este trabajo se basa en la premisa de que un aprendizaje significativo es fundamental para que los alumnos, futuros profesores,

aborden conceptos de FMC en la clase. Este aprendizaje significativo fue buscado a través de la presentación de situaciones de aprendizaje basados en la teoría de los campos conceptuales especialmente desarrolladas para el área de Física de Partículas en una disciplina de Estructura de la Materia en un curso de formación inicial de profesores.

Como resultado, obtuvimos evidencias de aprendizaje significativo por parte de los alumnos. Además, obtuvimos fuertes indicios de que el aprendizaje significativo es de fundamental importancia para que sean trabajados en la enseñanza media contenidos de FMC.

Finalmente hay que llamar la atención para las limitaciones del estudio: fue apenas un tópico de una asignatura; las situaciones no fueron propuestas en niveles crecientes de dificultad como propone Vergnaud y quizás no sean nuevas y no familiares como sugiere Ausubel; los instrumentos de recolección de datos pueden presentar fallos, ... Sin embargo, nos parece que vale la pena realizar otros estudios en la línea de situaciones de Vergnaud y del aprendizaje significativo de Ausubel.

Referencias bibliográficas

Ausubel, D.P.; Novak, J.D. y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Editora Trillas.

Ausubel, D.P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge? A cognitive view*. Dordrecht? Kluwer Academia Publishers.

Blanco, G.S. y Pérez, M.V.V. (2000). ¿Qué tienen en cuenta los profesores cuando seleccionan el contenido de enseñanza? Cambios y dificultades tras un programa de formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 18, 3, 423-437.

Brasil, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica (1999). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília: Ministério da Educação.

Brasil, Secretaria de Educação Média e Tecnológica (2002). *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, SEMTEC.

Brockington, G. y Pietrocola, M. (2005) Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? *Investigações em Ensino de Ciências*. 10, 3, 387-404. En <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>

Covalada, R.; Moreira, M.A. y Caballero, C. (2005). Los significados de los conceptos de sistema y equilibrio en el aprendizaje de la mecánica. Estudio exploratorio con estudiantes universitarios. *REEC*, 4, 1, 1-27. En <http://www.saum.uvigo.es/reec/>

Escudero, C.; Moreira, M.A. y Caballero, C. (2003). Teoremas-en-acción y conceptos-en-acción en clases de física introductoria en secundaria. *REEC*, 2, 3, 1-27. En <http://www.saum.uvigo.es/reec/>

Franchi, A. (1999). Considerações sobre a Teoria dos Campos Conceituais. En Machado, A., Dias, s. et al. (Ed.), *Educação Matemática: Uma Introdução* (pp. 155-195). São Paulo: EDUC.

Gil Pérez, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 1, 69-77.

Greca, I.M. y Moreira, M.A. (2002). Além da detecção de modelos mentais dos estudantes: uma proposta representacional integradora. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7, 1, 31-53. <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>

Grings, E.O.; Caballero, C. y Moreira, M.A. (2006). Possíveis indicadores de invariantes apresentados por estudantes em conceitos da termodinâmica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 28, 4, 463-472.

Llancaqueo, A.; Caballero, C. y Moreira, M.A. (2003). El aprendizaje del concepto de campo en Física: una investigación exploratória a la luz de la teoría de Vergnaud. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25, 4, 1 -7.

Lobato, T. y Greca, M.I. (2005). Análise da inserção de conteúdos de Teoria Quântica nos currículos de Física do Ensino Médio. *Revista Ciência e Educação*. 11, 1, 119-132.

Moreira, M.A. (1985). *Ensino e Aprendizagem: Enfoques Teóricos*. Porto Alegre: Editora Moraes.

Moreira, M.A. y Ostermann, F. (1999) Teorias Construtivistas. *Textos de Apoio ao Professor de Física* nº 10. IF-UFRGS.

Moreira, M.A. (2004) La Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud, la Enseñanza de las Ciencias y la investigación en el área. En *Sobre cambio conceptual, obstáculos representacionales, modelos mentales, esquemas de asimilación y campos conceptuales*. Porto Alegre: IF-UFRGS.

Moreira, M.A. y Veit, E.A. (2007). *Fidedignidade e validade de testes e questionários*. Porto Alegre. Instituto de Física. UFRGS.

Novak, J.D. y Gowin, D.B. (1984). *Aprender a aprender*. Lisboa. Paralelo Editora.

Ostermann, F. y Moreira M.A. (2000). Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 18, 3, 391–404.

Resende Júnior, M.F. (2006). *O processo de conceitualização em situações diferenciadas na formação inicial de professores de física*. Tese de doutorado. Florianópolis, Brasil.

Stipcich, M.S.; Moreira, M.A. y Caballero, C. (2006). Una Propuesta Didáctica para el Aprendizaje de la Interacción Gravitatoria. *Rev. Chil. Educ. Cient.* 5, 1, 3-10.

Vergnaud, G. (1983). Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives. *Atelier International d'Eté: Recherche en Didactique de la Physique*. La Londe les Maures, Francia, 26 de junio a 13 de julio.

Vergnaud, G. (1987). Problem solving and concept development in the learning of mathematics. E.A.R.L.I. *Second Meeting. Tübingen.*

Vergnaud, G. (1990). La Théorie des champs conceptuels. *Recherches em Didactique Mor Mathématiques*, 10, 23, 133-170.

Vergnaud, G. (1993). Teoria dos campos conceituais. In Nasser, L. (Ed.) *Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro.*

Vergnaud, G. (1994). Multiplicative conceptual field: what and why? In Guershon, H. and Confrey, J. (eds.) *The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics.* Albany, N. Y.: State University of New York Press.

Vergnaud, G. (1998). A comprehensive theory of representation for mathematics education. *Journal of Mathematical Behavior*, 17, 2, 167-181.

Vergnaud, G. (2004). *Lev Vygotski: Pedagogo e pensador do nosso tempo.* Porto Alegre: GEEMPA.

Vergnaud, G. (2007) ¿En qué sentido la teoría de los campos conceptuales puede ayudarnos para facilitar aprendizaje significativo? *Investigações em Ensino de Ciências*. 12, 2, 285-302. En: <http://www.if.ufrgs.br/ienci>

Anexo 1

		CP (%)	C (%)	NO (%)	D (%)	DT (%)
1	Es posible notar que la metodología adoptada difiere de las utilizadas en otras disciplinas.	40	60	0	0	0
2	La metodología utilizada contribuyó para mi aprendizaje.	36,7	60	0	3,3	0
3	La metodología utilizada contribuyó para un mayor interés de los alumnos durante las clases.	13,3	66,7	10	6,7	3,3
4	La metodología utilizada contribuyó para hacer los contenidos trabajados más interesantes.	23,3	50	16,7	10	0
5	La metodología utilizada puede ser aplicada también a alumnos de enseñanza media.	36,7	46,7	6,7	10	0
6	Esta disciplina es importante para mi futuro profesional.	40	46,7	6,7	3,3	0
7	Desde mi punto de vista, esta disciplina es sólo una exigencia más de la carrera.	0	13,3	6,7	56,7	40
8	La metodología utilizada no influyó en mi aprendizaje.	0	3,3	0	70	26,7
9	La metodología utilizada perjudicó mi aprendizaje.	0	0	0	60	40
10	Mi aprendizaje en esta disciplina fue poco satisfactorio.	0	0	3,3	63,3	33,3
11	Puedo decir que en esta disciplina aprendí mucho sobre Física Moderna.	30	70	0	0	0
12	Puedo decir que en esta disciplina aprendí mucho sobre una forma alternativa de dar clases.	6,7	70	6,7	13,3	3,3
13	La metodología debería ser usada en otras disciplinas.	30	50	16,7	6,7	0
14	No me gustaría tener otra disciplina con esta metodología.	0	6,7	10	50	33,3
15	No percibí que se trataba de una nueva metodología.	0	6,7	3,3	60	46,7
16	Creo que habría aprovechado más si la metodología fuese la expositiva tradicional.	0	0	6,7	53,3	40
17	Esta disciplina en nada contribuye para la formación del profesor de Física.	0	0	0	50	50
18	Debería haber, en la carrera, más disciplinas de Física Moderna.	16,7	63,3	10	3,3	3,3
19	Esa metodología deja el contenido en una posición secundaria.	0	3,3	6,7	70	20
20	La metodología valora el contenido de la materia de enseñanza.	26,7	63,3	10	0	0
21	Pretendo utilizar esta metodología cuando sea profesor.	23,3	50	16,7	10	0
22	Difícilmente utilizaré esta metodología en mi futura práctica docente.	0	3,3	13,3	40	43,3

Tabla 3.- Resultados del cuestionario de actitudes. La leyenda de respuestas corresponde a: CP – Conuerdo plenamente; C – Conuerdo; NO – No tengo opinión; D – Discuerdo y DT – Discuerdo totalmente.