

¿QUÉ APRENDIZAJE PROMUEVE EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS? UNA MIRADA DESDE EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO*

Concesa Caballero Sahelices**
Universidad de Burgos

RESUMEN

El aprendizaje del alumno es el eje estructurante del paradigma educativo, dentro del marco de la convergencia europea. Asumir este enfoque plantea serios retos a los actuales modelos de enseñanza y aprendizaje. En este trabajo, se analizan algunas características del aprendizaje, extraídas de los documentos europeos de educación superior. Se apuntan algunas reflexiones sobre la importancia de considerar el referente conceptual que soporta el aprendizaje, mediante el desarrollo de competencias, desde la perspectiva del aprendizaje significativo, que entiende éste como un proceso progresivo y dilatado de construcción de significados. Por esto, se hace una revisión de la teoría del aprendizaje significativo y la de los campos conceptuales, que enriquece y complementa su significado, aportando claves que ayudan a comprender la complejidad del proceso de aprendizaje y las implicaciones para la práctica docente.

PALABRAS CLAVES: aprendizaje significativo, competencias, procesos cognitivos.

ABSTRACT

«What kind of learning does promote the development of abilities? A look around the meaningful learning». Inside the educational paradigm of the European Higher Education Area, the learning of the students is the central theme. Assuming this approach raises serious challenges to the current models of education and learning. In this paper, some characteristics of the learning processes taken from the point of view of some European top education documents will be analyzed. We will also point out some thoughts concerning the importance of considering the conceptual framework that supports the learning by means of the development of competences from the perspective of the meaningful learning, which understands this one as a progressive and extensive process of construction of meanings. Therefore a review of the theory of the meaningful learning and the conceptual fields will be done, which enriches and complements its meaning, provides some clues that help to understand the complexity of the learning process and the implications for the educational practice.

KEY WORDS: meaningful learning, abilities, cognitive processes.



INTRODUCCIÓN

Los sistemas educativos, a escala nacional e internacional, se encuentran con el reto, entre otros, de impulsar la formación de sujetos autónomos, capaces de participar y tomar decisiones fundamentadas en la vida profesional y social. En una perspectiva cognitiva, se entiende el aprendizaje como una construcción del sentido del conocimiento, donde se privilegian los procesos mediante los cuales el estudiante codifica, organiza, elabora, transforma e interpreta las informaciones recogidas. Así, el aprendizaje autónomo es un proceso cognitivo que permite al alumno ser autor de su propio desarrollo. Para estimular este aprendizaje, es necesario tener en cuenta (Lobato, 2006): la contextualización de los aprendizajes, la reflexión personal, la construcción del conocimiento, su aplicación práctica y la evaluación del proceso realizado.

La autonomía personal en el aprendizaje se refiere a la propia capacidad de aprender a aprender y exige conocer cómo funcionan los procesos que lo hacen posible, disponer de estrategias de aprendizaje adecuadas para construir conocimientos, saber utilizar técnicas que facilitan esos procesos y tener capacidad para utilizarlas en contextos concretos, de acuerdo con las demandas de la tarea que se pretende resolver, dentro de una planificación previamente diseñada para lograr el objetivo de aprendizaje fijado. Por tanto, la autonomía en el aprendizaje requiere el desarrollo de un alto nivel de toma de conciencia sobre los propios procesos de aprendizaje, disponer de habilidades metacognitivas sobre los mecanismos cognitivos y su regulación y tener conocimientos significativos sobre aspectos específicos de contenidos ya estudiados, que permitirán la construcción de nuevos significados.

El profesor y los estudiantes tienen funciones bien precisas. Al estudiante que aborda de modo autónomo su aprendizaje significativo se le pide una actitud básica de responsabilidad y capacidad de iniciativa para atribuir, por sí mismo, significado al nuevo conocimiento; en definitiva, ser responsable de su proceso de aprendizaje. A su vez, el docente tiene una intervención mediadora en el proceso, orientada a potenciar el aprendizaje autónomo de los estudiantes, de modo que cada uno sea capaz de elaborar su modelo personal de funcionamiento y acción, con capacidad para regularlo y mejorarlo de manera progresivamente autónoma. La finalidad de la acción es desarrollar las competencias necesarias en los estudiantes que les permitan responder a las funciones y tareas del perfil profesional. Así, los proyectos formativos, por competencias, «enfocan la docencia hacia un perfil facilitador del aprendizaje» (DeSeCo, 2005; MECD, 2003).

En consecuencia, una de las principales metas de la educación formal, en cualquier nivel educativo, es formar a los estudiantes para la autonomía de su apren-

* Fecha de recepción: 06.03.2009. Fecha de aceptación: 16.04.2009.

** Departamento de Física. Universidad de Burgos. Plaza Misael Bañuelos, s/n. 09001, Burgos. concesa@ubu.es.

dizaje, lo que supone que éstos desarrollen competencias (Perrenoud, 2008) que abarcan, entre otros aspectos, los relacionados con el «aprender» a construir el conocimiento a través del aprendizaje significativo. Las competencias se han puesto de moda en la educación y en las empresas; pero, ¿qué tiene de novedad este enfoque? Una mirada retrospectiva muestra que, hace más de veinte años, las competencias formaban parte, primero, de las enseñanzas profesionales y, después, de las generales. Incluso en las empresas, algunas iniciativas denominadas «gestión por competencias» han nacido en el mismo periodo. Sin duda, el movimiento de competencias en la educación superior debe ser un motivo de satisfacción, al mismo tiempo que suscita interrogantes sobre los métodos y fundamentación teórica del modelo educativo centrado en el aprendizaje del alumno (Vergnaud, 2007b).

La enseñanza centrada en el aprendizaje de los estudiantes, como clave del modelo docente, en el proceso de convergencia europea (Eurydice, 2007; González & Wagenaar, 2005) es, sin duda, un referente obligado como punto de partida en este trabajo y, al mismo tiempo, oportunidad para suscitar algunas reflexiones sobre el modelo de enseñanza-aprendizaje en una visión cognitiva del aprendizaje. Es esencial profundizar en cuestiones como: ¿qué se entiende por aprendizaje autónomo y estratégico?, ¿cuáles son los referentes teóricos subyacentes al modelo educativo centrado en el aprendizaje del estudiante?, ¿qué implica poner en práctica, un modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en el desarrollo de competencias del alumno?

Este trabajo pretende contribuir con algunas aportaciones que ayuden a reflexionar sobre las implicaciones prácticas del modelo de enseñanza-aprendizaje en la educación superior. Se parte, inicialmente, de una revisión sucinta de las características de este modelo en los documentos originales y, a continuación, se hace un repaso del aprendizaje significativo, desde la perspectiva ausubeliana, como un proceso de construcción de significados (Ausubel, 2002; Moreira, 2003), para seguir con otras contribuciones cognitivas actuales, como es la teoría de los campos conceptuales (Vergnaud, 1990; 2007a; Moreira, 2004a), que han enriquecido el significado del concepto de aprendizaje significativo y han ayudado a comprender los procesos que conducen a ese aprendizaje.

En resumen, desde una concepción del aprendizaje entendido como un proceso cognitivo de construcción de significados, progresivo y dilatado en el tiempo, no es posible acompañar éste sin recurrir a las fuentes teóricas que lo describen e interpretan; los procesos de construcción de significados no son conceptualmente neutros. Desde la experiencia de investigaciones sobre la adquisición de conocimientos científicos, en particular en Física, se verifica el potencial que encierra la teoría de los campos conceptuales para investigar y comprender la complejidad y carácter progresivo de los procesos de aprendizaje significativo.



PARADIGMA EDUCATIVO DE LA CONVERGENCIA EUROPEA. LA ENSEÑANZA CENTRADA EN EL APRENDIZAJE

PARADIGMA EDUCATIVO DEL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR (EEES)

El proceso de convergencia europea contempla un cambio desde una educación centrada en la enseñanza del profesorado hacia la educación orientada al aprendizaje del alumno. Esta transformación, donde el eje estructurante de la docencia universitaria no sea la enseñanza sino el aprendizaje, es quizás el elemento más importante de la reforma en la que estamos inmersos. El modelo de formación, dentro del paradigma del EEES, tiene como elementos claves:

- Que está centrado en el trabajo y aprendizaje del estudiante.
- Que se produce mediante el desarrollo de competencias.
- Que posibilita un aprendizaje continuo a lo largo de la vida.
- Y que promueve una adaptación a la variedad y pluralidad cultural de nuestro espacio europeo.

Se propone, por tanto, un cambio sustancial en las coordenadas en las que se ha venido desarrollando la docencia universitaria hasta la actualidad. Estos cambios, en síntesis, se expresan en los siguientes términos (Lobato, 2006):

- El profesor pasa de ser un transmisor de conocimientos para convertirse en un gestor del proceso de aprendizaje de los estudiantes.
- La formación se orienta hacia la obtención de competencias, tanto de carácter general como específicas, de cada titulación y materia.
- La planificación del aprendizaje está organizada por equipos docentes, de modo que se garantice la coordinación entre materias y cursos y la continuidad en la adquisición de los conocimientos, así como entre conocimientos teóricos y prácticos.
- Los estudios de grado constituyen la primera fase de un proceso formativo, que continuará a lo largo de la posterior vida profesional de los estudiantes.
- Los materiales didácticos están constituidos por recursos que faciliten el aprendizaje autónomo del alumno. De ahí la importancia, en este contexto, de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación.

Puesto que el interés de este trabajo es el aprendizaje significativo de conceptos científicos, y en particular de Física, entraremos a considerar, en el siguiente apartado, el aprendizaje del alumno como uno de los elementos constituyentes del paradigma educativo del EEES, es decir, cómo se entiende un modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en el aprendizaje del estudiante.

La sociedad de la información y del conocimiento tiene hoy demandas distintas a las tradicionales, relacionadas claramente con el desarrollo de la capacidad de aprender a lo largo de toda la vida. La cuestión de fondo pone el acento, más que en la cantidad de información que reciben las personas, en la calidad de la misma, es decir, en la capacidad que desarrollan para entenderla, procesarla, seleccionarla, organizarla y transformarla en conocimiento y, a su vez, en la capacidad de aplicar ese conocimiento a las diferentes situaciones y contextos, en función de los proyectos personales o sociales. Este nuevo escenario reclama cambios sustantivos en la formación de los ciudadanos, y por consiguiente, en los sistemas educativos, en el currículum, en los procesos de enseñanza y aprendizaje, y por supuesto, en el perfil de los docentes. Se requiere, en definitiva, cambiar la mirada en el modo de ver la enseñanza-aprendizaje (Pérez Gómez, 2007).

La preocupación internacional por la reforma de los sistemas educativos se intensifica en la última década del siglo pasado y la primera de éste, como consecuencia de los desafíos sociales, generando una búsqueda de nuevos modos de entender los procesos de enseñanza y aprendizaje. Entre los documentos elaborados que transmiten esta inquietud, está DeSeCo (Definición y Selección de Competencias), que si bien aparece en el año 2000, no se difunde en su versión definitiva hasta el 2003. A partir de este documento, la mayoría de los países de la OCDE, entre ellos la Unión Europea, han empezado a reformular el currículum en torno al controvertido, complejo y poderoso concepto de *competencias fundamentales* (*key competencies*), denominadas en España básicas (DeSeCo, 2005). El aprendizaje se entiende, no como un fin en sí mismo, sino como un instrumento al servicio de las competencias fundamentales que requiere la ciudadanía del mundo contemporáneo.

Para comprender el hacer operativo que supone entender el aprendizaje al servicio de las competencias, es imprescindible entender la complejidad de este concepto. Como tal se adopta el significado propuesto por DeSeCo (OECD, 2002; Pérez Gómez, 2007, p. 10), donde se define competencia como:

La capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada. Supone una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamientos que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz.

Las competencias, entendidas como habilidades para afrontar demandas externas o desarrollar actividades y proyectos satisfactoriamente en contextos complejos, consideran la complejidad de su estructura interna, es decir, el conjunto de atributos mentales que sustentan la capacidad y la voluntad de acción de los sujetos humanos en las diferentes situaciones y contextos (Pérez Gómez, 2007). Se considera (DeSeCo, 2005) que una competencia es básica cuando reúne tres condiciones: contribuye a obtener resultados de alto nivel personal o social; puede aplicarse a diversos contextos y ámbitos relevantes y, por último, permite superar con éxito



exigencias complejas. Entre las principales características de las competencias, reconocidas en este documento (*ibid.*), se citan:

- *Carácter holístico e integrador.* Conocimientos, capacidades, actitudes, valores y emociones no pueden entenderse de manera separada.
- *Carácter contextual.* Las competencias se concretan y desarrollan vinculadas a los diferentes contextos de acción.
- *Dimensión ética.* Las competencias se nutren de las actitudes, valores y compromisos que los sujetos van adoptando a lo largo de la vida.
- *Carácter creativo de la transferencia.* La transferencia debe entenderse como un proceso de adaptación creativa en cada contexto.
- *Carácter reflexivo.* Las competencias básicas suponen un proceso permanente de reflexión para armonizar las intenciones con las posibilidades de cada contexto.
- *Carácter evolutivo.* Se desarrollan, perfeccionan, amplían, o se deterioran y restringen a lo largo de la vida.

Recopilando, el aprendizaje es entendido desde el paradigma del EEES como un instrumento al servicio del desarrollo de las competencias básicas (Goñi Zabala, 2007) que requieren los ciudadanos en la sociedad actual, para responder a sus demandas. Se reconoce el carácter integrador de las competencias, que abarca conocimientos, procedimientos, emociones, valores y actitudes, que evolucionan durante toda la vida de la persona. Seguidamente, se analizan las competencias a la luz de otras visiones cognitivas sobre el aprendizaje.

EL APRENDIZAJE AL SERVICIO DE LAS COMPETENCIAS. RETOS Y RIESGOS

El enfoque de competencias se hizo popular en los Estados Unidos hacia 1970 en el movimiento de formación profesional de los docentes articulado en torno a las mismas. Posteriormente, y de la mano de la formación profesional, vuelve a ponerse de moda en la década de 1990 con el sistema nacional de cualificaciones profesionales en el Reino Unido y otros movimientos similares en diferentes países del mundo anglosajón, preocupados por definir estándares y perfiles de competencias para promover el desarrollo y la formación de capital humano y profesional, adecuado a la competitividad de la economía global. Esta tradición alimenta y sostiene una interpretación conductista del concepto de competencias, lo que conduce a considerar el aprendizaje y el comportamiento humanos desde el paradigma conductual. Es preciso, pues, hacer una llamada de atención a los inevitables flujos mecanicistas en el desarrollo de propuestas educativas coherentes con los elementos que configuran el paradigma del EEES.

La formación basada en competencias desde esta acepción conductista es claramente reduccionista, estrecha, atomizada, rígida y lineal (Chapell, 1996; Hayland, 1994). Este planteamiento divide el concepto de competencia en comportamientos y actuaciones que corresponden a discretas y simples tareas, cuya suma o agrupa-

ción yuxtapuesta constituye una competencia personal o profesional. Los defensores de este enfoque consideran que, al ser las competencias la suma lineal de comportamientos simples y tareas discretas, se pueden medir con procedimientos estándares.

Por otra parte, la interpretación conductista considera que las competencias y habilidades tienen un carácter estrictamente individual y pueden considerarse libres de valores e independientes del significado de sus aplicaciones concretas. Las competencias son consideradas como comportamientos observables y sin relación con atributos mentales subyacentes. Enfatizan las conductas observables en detrimento de la comprensión. La debilidad de sus planteamientos teóricos y la inconsistencia de los resultados de las investigaciones a que han dado lugar, son algunos de los argumentos que justifican la falta de apoyos, académicamente reconocidos, a esta postura conductista. Los conocimientos, la comprensión, la cognición y las actitudes no pueden considerarse compartimentos discretos, simples y sumativos. El conductismo ignora la conexión compleja e interactiva entre tareas, los atributos mentales que subyacen a los comportamientos, los significados, las intenciones, las disposiciones, así como la importancia decisiva de los contextos de actuación y los efectos decisivos de los aspectos éticos e interpersonales (Pérez Gómez, 2007).

Lejos de esta interpretación conductista, la propuesta de DeSeCo (2005) se sustenta en una interpretación más abierta, integrada, holística y relacional del concepto de competencias. Acogiendo aportaciones de estudios socioculturales y constructivistas sobre el desarrollo y los aprendizajes humanos, afirma que los individuos emiten juicios, revisan, reflexionan y cambian el comportamiento, al reconstruir continuamente su conocimiento útil y relevante, cuando interactúan con otras personas y objetos en los contextos complejos de la interacción social.

Vergnaud (2007 b), autor de la teoría de los campos conceptuales, analiza el significado de las competencias, desde su modo de entender el conocimiento. Aplauda el movimiento de las competencias generado en la educación, pero no comparte su novedad, ya que éste comenzó a tomar forma hace más de veinte años en la formación profesional y en las empresas. A pesar de reconocer que no se trata de un movimiento sólo ideológico, sin embargo, considera que carece de método y reflexión teórica. Argumenta estas debilidades de las competencias, analizando la forma operatoria y predicativa del conocimiento, como es entendido en su teoría. Para este autor, la mayor parte de nuestros conocimientos se sitúan en nuestras competencias, muy frecuentemente, de manera implícita. Es lo que él entiende por la «forma operatoria del conocimiento», que permite actuar en situación. Esta forma de conocimiento no se opone a los conocimientos académicos, clásicamente transmitidos en cualquier nivel educativo, pero existe un desfase, a veces impresionante, entre lo que una persona puede hacer en situación y lo que es capaz de decir. Esta forma operatoria del conocimiento es, en general, más rica y sutil, que la «forma predicativa», la que enuncia propiedades y relaciones de los objetos de pensamiento. En el desarrollo de esta «forma operatoria del conocimiento», la experiencia tiene un peso considerable. El criterio de la competencia es tan fuerte que los programas de formación en los centros educativos y en las empresas están orienta-



dos hacia el desarrollo de competencias y no solamente hacia el aprendizaje de contenidos que, sin embargo, contribuyen mucho a su formación y desarrollo, hasta el punto de ser determinantes para su consecución.

Siguiendo a Vergnaud (*ibid.*), la comprensión de la realidad, compleja y con cambios rápidos, se realiza mediante la adaptación a las situaciones. Entiende el conocimiento como adaptación; todas las personas, niños, jóvenes, alumnos y profesores, aprenden adaptándose a las situaciones que encuentran y lo que desarrollan, entonces, son competencias. Las competencias, desde su punto de vista, se deben definir en relación a las clases de situaciones relativamente circunscritas. La competencia en singular, se declina en principio en plural, en relación con las diferentes situaciones que puede encontrar un alumno o un profesional, en una disciplina concreta o en una situación profesional. Sugiere Vergnaud (2007 b) algunos criterios que muestran que el concepto de competencia no es —él sólo— un concepto científico.

- es más competente *el que sabe hacer alguna cosa que no sabía hacer* (perspectiva desenvolvimentista) o *que otros no saben hacer* (perspectiva diferencial).
- es más competente *el que sabe situarse de una manera* más fiable, más económica, más general, más elegante, más compatible con el trabajo de los otros.
- es más competente *el que dispone de mayor variedad de procedimientos* para tratar una clase de situaciones, en función de los valores particulares de las variables de situación.
- es más competente *el que está menos desprovisto frente a una situación* nueva, jamás encontrada antes.

Las verbalizaciones de los alumnos y docentes, las formas institucionalizadas y académicas del conocimiento, no juegan un papel despreciable en los procesos de enseñanza y aprendizaje, pero es la actividad en situación (gestos, atención selectiva, razonamiento, incertidumbre...), lo que constituye el resorte principal del desarrollo de las competencias. El niño es un ejemplo del aprendizaje, en los primeros años, cuando aún no habla, de un conjunto considerable de competencias concernientes al espacio y la interacción, particularmente, con el ajeno. Salvando las diferencias, es también, por la experiencia en situación, cómo los técnicos llegan a ser profesionales y el ingeniero un experto. El alumno y el profesor no tienen ventajas frente al niño, no se desarrollan solos, en un cara a cara solitario, con la situación a la que son confrontados. El alumno se puede apoyar en el profesor, en otros alumnos, en su familia; el profesor interacciona con sus colegas, con los que forma una cierta comunidad. En situación de trabajo y en situación de clase, cada uno desarrolla competencias en una gran variedad de registros, como pueden ser (*ibid.*):

- *los gestos, la interacción con el otro* (gesto de cooperación y del conflicto, respecto del otro, seducción...)
- *la comunicación del lenguaje* y el diálogo (expresión de las ideas, eliminación de equívocos, argumentación...)

- *la afectividad y las emociones*. En su actividad del trabajo, los hombres y las mujeres son reconocidos tanto en razón de sus cualidades «humanas» como de sus competencias técnicas; los dos son raramente independientes.

Así, pues, desde la teoría cognitiva de los campos conceptuales, se presupone que el conocimiento es adaptación, y que las personas desarrollan competencias adaptándose a las situaciones que encuentran. Por tanto, lo esencial, en investigación en la enseñanza, es explorar la actividad de los estudiantes y la primera preocupación de docentes e investigadores debe ser la de construir situaciones que permitan a los estudiantes desarrollar formas de actividad en los diferentes registros evocados anteriormente; la segunda preocupación es la de su acción de mediadores en situación, siempre que el alumno necesite ayuda para avanzar en su trabajo. Es necesario además prestar atención a la actividad afectiva de los alumnos, así como a las situaciones en las que necesitan ser motivados y animados.

Sintetizando, se han apuntados los rasgos esenciales del paradigma educativo del EEES, en particular, el aprendizaje activo y autónomo, como elemento relevante y en torno al cual se pretende estructurar la enseñanza; un aprendizaje al servicio del desarrollo de competencias de los estudiantes, entendidas como la capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada; capacidad y habilidades sustentadas por atributos mentales. Se apuntan algunos riesgos, derivados de una visión conductista del aprendizaje, y ciertos retos, que reclaman mayor reflexión y fundamento en la práctica docente, basada en competencias, ya que los estudiantes desarrollan competencias en la medida en que se adaptan a las situaciones que se encuentran en la realidad laboral y social.

Ahora bien, para facilitar el aprendizaje, a través del desarrollo por competencias, es imprescindible disponer de un bagaje teórico, para comprender qué entendemos por aprendizaje activo y significativo, cómo promoverlo y evaluarlo. La propuesta de un proyecto formativo por competencias, focalizando la docencia hacia un perfil facilitador del aprendizaje, debe incluir, de modo claro y explícito, cuáles son los soportes teóricos subyacentes a la concepción del aprendizaje del alumno. Estos referentes teóricos, a su vez, deben orientar la búsqueda de las estrategias metodológicas adecuadas en la enseñanza-aprendizaje, y las formas de evaluación, como un elemento integrado en el proceso de aprendizaje. Por esto, se considera conveniente hacer una somera revisión del aprendizaje significativo, recuperando su concepción original, como un proceso de construcción de significados conceptuales, desde la propuesta original de este término y a la luz de otras teorías cognitivas actuales, como es la de los campos conceptuales. La finalidad de esta breve exposición de algunos referentes teóricos sobre el aprendizaje es contribuir a una mejor comprensión del significado del aprendizaje significativo y mostrar algunas estrategias facilitadoras para favorecerlo. Sin embargo, quienes estén interesados en profundizar pueden recurrir a los documentos originales y las referencias citadas en la bibliografía.



EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO: UN PROCESO PROGRESIVO DE CONSTRUCCIÓN DE SIGNIFICADOS

APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO, UN PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO

El concepto de aprendizaje es interpretado desde posturas teóricas diversas, en las que cada autor y/o investigador presenta su punto de vista sobre qué es, así como también cómo y por qué funciona el aprendizaje. Así, las teorías de aprendizaje son construcciones humanas que interpretan sistemáticamente el área de conocimiento que llamamos aprendizaje. Podemos encontrar, pues, en los diversos enfoques teóricos, significados no compartidos, atribuidos al aprendizaje, tales como: condicionamiento, adquisición de información (aumento de conocimiento), cambio comportamental estable, uso de conocimiento en la resolución de problemas, construcción de nuevos significados, de nuevas estructuras cognitivas, revisión de modelos mentales (Moreira, 1999).

Desde una visión cognitiva, el aprendizaje es entendido como construcción del sentido del conocimiento, donde se privilegian los procesos por medio de los cuales las personas codifican, organizan, elaboran y transforman e interpretan la información recogida (Pozo & Moreneo, 1998). El conocimiento organizado en la memoria del que aprende es conocido como «estructura cognitiva». El aprendizaje, como un proceso de construcción de significado, es la idea central de este trabajo.

Conocer cómo se construye el conocimiento, qué tipos de representaciones se utilizan para dar significado a los conceptos, entender qué procesos cognitivos conducen a un aprendizaje significativo y de qué modo se asimila ese conocimiento en la estructura cognitiva del sujeto, son algunas de las cuestiones que preocupan a los docentes y han generado problemas de interés para desarrollar investigaciones en enseñanza. A continuación, se revisan las explicaciones sobre el aprendizaje significativo desde su propuesta original, para pasar a valorar otras visiones cognitivas, como la de los campos conceptuales, que han ampliado y enriquecido significativamente este concepto, y que permiten una mejor comprensión de los procesos de construcción de significados.

La construcción del conocimiento, como atribución de significados, demanda el pensamiento reflexivo, siendo éste un quehacer que implica la «manipulación» de conceptos, hasta ser asimilados significativamente y formar parte de la estructura cognitiva del aprendiz. El diagrama heurístico V de Gowin se constituye en un recurso que permite visualizar la dinámica de la producción del conocimiento, al explicitar la relación entre lo que el aprendiz ya sabe y lo que podrá realizar para lograr nuevos aprendizajes a partir de su bagaje inicial; permite enfrentar la tarea del aprendizaje como si se tratara de un conjunto de investigaciones, evidenciando así la interacción entre el dominio metodológico y el conceptual, situación que a largo plazo capacita al estudiante para aprender a aprender. El diagrama V de Gowin es un recurso diseñado para ayudar a los estudiantes y los profesores a captar

el significado de los materiales que se van a aprender (Novak & Gowin; 1988). Es un método que permite entender la estructura del conocimiento y el modo en que éste se produce. Por eso resulta idóneo y eficaz en términos de competencias.

APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DESDE LA PROPUESTA ORIGINAL DE AUSUBEL

La mente humana tiene capacidades limitadas para procesar y almacenar informaciones; sus posibilidades para el aprendizaje verbal significativo dependen de capacidades cognitivas, como pueden ser la representación simbólica, la abstracción, la categorización y la generalización (Ausubel, 2002). En la adquisición de conocimientos, el aprendizaje significativo es el mecanismo humano por excelencia, para construir, elaborar y asimilar conocimiento en cualquier campo científico. El resultado del aprendizaje (*ibid.*) es el significado del concepto y no solamente la identificación de sus atributos; por eso, explica su autor, se manifiesta la superioridad del aprendizaje significativo frente a lo que considera memorístico. La eficacia del aprendizaje significativo, como mecanismo para procesar y almacenar información, se atribuye (Ausubel, 2002, p. 136) a sus notas distintivas: *el carácter no arbitrario y no literal* de la capacidad de relación de la tarea de aprendizaje con la estructura cognitiva. El propio autor de la teoría del aprendizaje significativo manifiesta la importancia de este aprendizaje como proceso de adquisición de significados conceptuales.

El aprendizaje significativo es muy importante en el proceso educativo porque es el mecanismo humano por excelencia para adquirir y almacenar la vasta cantidad de ideas e informaciones representadas por cualquier campo de conocimientos (Ausubel, 1976, p. 78)

El aprendizaje significativo supone, en cuanto a su naturaleza, la adquisición de nuevos significados. Por lo tanto, la aparición de nuevos significados en el sujeto refleja la ejecución y la finalización previa de un proceso de aprendizaje significativo. La esencia de este proceso está, como ya se ha dicho, en la relación *no arbitraria y no literal* entre las nuevas ideas expresadas de manera simbólica (la tarea de aprendizaje) y aquello que el sujeto ya sabe (su estructura cognitiva en relación con un campo particular); el resultado de esta interacción activa e integradora es la aparición de un nuevo significado (Ausubel, 2002, p. 122). Éste es el significado ausubeliano del *aprendizaje significativo*, concepto clave en su paradigma educativo. En el carácter no arbitrario y no literal de la interacción queda expresada la idea central de la teoría de Ausubel; para él, la variable independiente más importante para que se produzca aprendizaje significativo, y de la que se derivan importantes implicaciones para la enseñanza y aprendizaje, es:

Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, diría lo siguiente: El factor aislado más importante que influye en el aprendizaje, es aquello que el aprendiz ya sabe. Averigüese esto y enséñese de acuerdo con ello. (Ausubel, 1976, p. 6)



Para que ocurra este proceso, Ausubel (2002, p. 122) considera que se deben cumplir dos condiciones: 1) que el sujeto manifieste una *actitud* de aprendizaje significativa (es decir, una predisposición para relacionar el nuevo material que se va a aprender de una manera no arbitraria y no literal con su estructura de conocimiento); 2) que el material de instrucción sea *potencialmente significativo* para él, es decir, que sea enlazable con sus estructuras particulares de conocimientos de una manera no arbitraria y no literal. Por consiguiente, aunque el nuevo material sea potencialmente significativo con la estructura cognitiva del aprendiz, si la intención de éste es memorizarlo arbitrariamente y literalmente, tanto el proceso de aprendizaje como su producto serán automáticos (o mecánicos). Y a la vez, con independencia de la disposición favorable para aprender del sujeto, si el material no es potencialmente significativo, tampoco será significativo el aprendizaje, entendido como proceso y producto final del mismo. La importancia de estas condiciones en el aprendizaje aparece ejemplificada por Ausubel (1978, p. 41) en el aprendizaje de un contenido de Física:

Un estudiante puede aprender la ley de Ohm que indica que, en un circuito, la corriente es directamente proporcional al voltaje. Sin embargo, esa proposición no será aprendida de manera significativa a menos que el estudiante ya haya adquirido, previamente, los significados de los conceptos de corriente, voltaje, resistencia, proporcionalidad directa e inversa (satisfechas estas condiciones, la proposición es potencialmente significativa, pues su significado lógico es evidente) y a menos que intente relacionar estos significados como están indicados en la ley de Ohm.

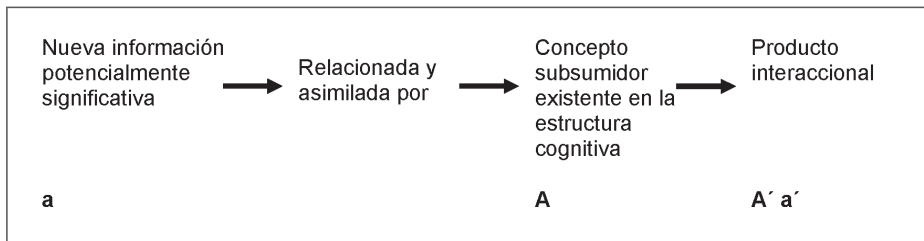
La capacidad distintiva del ser humano para el aprendizaje significativo depende de capacidades cognitivas como la representación simbólica, la abstracción, la categorización y la generalización. En este proceso que conduce a un aprendizaje significativo, la estructura cognitiva humana, organizada jerárquicamente, actúa como matriz, para la adquisición de nuevos significados, con el consiguiente desarrollo cognitivo (*ibid.*). En el aprendizaje significativo, «*el proceso de adquisición de informaciones resulta de un cambio, tanto de la nueva información adquirida como del aspecto específicamente relevante de la estructura cognitiva en la cual ésta se relaciona*» (Ausubel, 1978, p. 57).

En relación con la naturaleza del aprendizaje significativo, atendiendo al objeto aprendido, como criterio, Ausubel considera: *el aprendizaje representacional, el aprendizaje de conceptos y el aprendizaje proposicional*. Si se utiliza el criterio de la organización jerárquica de la estructura cognitiva, el aprendizaje puede ser *subordinado, superordenado y combinatorio*. Para los fines de este trabajo, se insiste en el aprendizaje significativo de conceptos, sin infravalorar los otros. Según Ausubel, el aprendizaje conceptual tiene una función simbólica, que deriva de la relación de equivalencia que se establece entre el símbolo y los atributos definitorios, regularidades o criterios comunes de diferentes ejemplos del referente (Moreira, 2000; Rodríguez, 2004).

Por otro lado, es necesario considerar el lenguaje como otro de los factores que influye tanto en el proceso de aprendizaje significativo como en la forma de resolver tareas de aprendizaje que tienen las personas. El lenguaje y la simbolización

tienen un papel esencial en el desarrollo cognitivo, y por consiguiente, el aprendizaje simbólico y otras formas del mismo repercuten en el aprendizaje significativo de conceptos. Cuando la persona ha interiorizado con éxito el lenguaje, como un instrumento cognitivo, tiene más poder y flexibilidad para representar y transformar, sistemáticamente, regularidades de la experiencia personal. Esta capacidad de los seres humanos para el simbolismo y la verbalización representacional permite: descubrir ideas en un nivel de abstracción, generalidad y precisión singularmente elevado, así como transmitir y acumular esas ideas en el curso de la historia cultural. Los tipos de conceptos que aprende un individuo en una cultura particular y sus procesos de pensamiento están profundamente influidos por el vocabulario y la estructura del lenguaje al que se expone en su cultura particular (Ausubel, 2002; Moreira, 2004 b).

Después de una rápida revisión del concepto de aprendizaje significativo y las condiciones necesarias para que acontezca, se intenta precisar cómo se entiende, desde este referente teórico, el proceso de adquisición de significados en la estructura cognitiva. Para explicarlo, Ausubel introduce el *principio de asimilación* o *teoría de la asimilación*. Entiende la *asimilación* como el proceso que ocurre cuando una idea, concepto o proposición *a*, potencialmente significativo, es asimilado bajo una idea, concepto o proposición, esto es, un subsumidor *A*, ya establecido en la estructura cognitiva, como un ejemplo, extensión, elaboración o cualificación del mismo (Ausubel, 2002; Moreira, 2003). Este principio tiene un valor explicativo, tanto para el aprendizaje como para la retención, y en modo esquemático, sería:

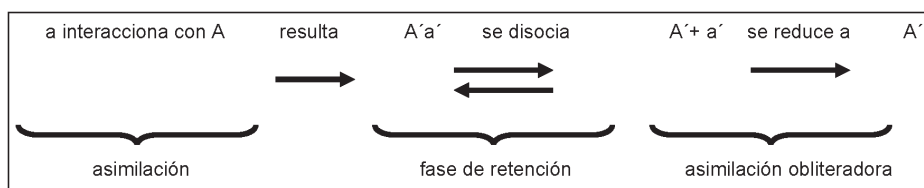


Como sugiere el esquema, durante el proceso de asimilación se modifican tanto la nueva información, como el concepto subsumidor, con el que se relaciona e interactúa, de modo que forman una unidad ideacional, es decir, el significado compuesto *A'a'*. Esto es, este resultado puede sufrir modificaciones, y consiguientemente, el proceso no finaliza con el aprendizaje significativo, sino que continúa a lo largo del tiempo, generando nuevos aprendizajes. Ausubel sugiere, además, que puede facilitar la retención este proceso, lo que explica basándose en el hecho de que nuevas informaciones, recientemente asimiladas, pueden permanecer separadas de sus ideas de anclaje, lo que permitiría ser reproducidas como entidades individuales.

La importancia de este proceso de asimilación no radica sólo en la adquisición y retención de significados, sino que también implica un mecanismo de olvido



subyacente de esos significados. Así, se puede decir que después del aprendizaje significativo, cuyo resultado es el producto interaccional $A'a'$, se inicia un segundo momento de la asimilación que Ausubel reconoce como *asimilación obliteradora*. Lo característico de esta fase del proceso de asimilación es que las nuevas informaciones son, espontánea y progresivamente, menos separables de los subsumidores hasta que ya no son reproducibles como entidades individuales; se llega así a un grado de disociabilidad nulo, y $A'a'$ se reduce simplemente a A' . Este proceso de asimilación obliteradora, como una continuación natural de la asimilación, no significa que el subsumidor vuelva a su forma original. El residuo de la asimilación obliteradora es A' , el miembro más estable del producto interaccional, esto es, el subsumidor modificado. De este modo Ausubel resuelve y explica la aparente contradicción que pudiera desprenderse de los párrafos precedentes, relacionada con la pérdida progresiva de la capacidad de reproducción de ideas subordinadas, así como la capacidad de delimitar nueva información y separarla de sus ideas de anclaje. Es necesario destacar que, lógicamente, el proceso de asimilación en términos de una única interacción es una simplificación; que, en menor escala, un nuevo conocimiento puede interactuar con otras ideas existentes en la estructura cognitiva del sujeto y, también, que el grado de asimilación, en cada caso, depende de la relevancia del subsumidor. Así el proceso completo queda representado en el siguiente esquema:



Este apartado se ha destinado a la revisión del concepto de aprendizaje desde el enfoque ausubeliano. Sin pretender una visión completa de esta teoría, se ha centrado en destacar los aspectos fundamentales que explican qué se entiende por aprendizaje significativo, las condiciones en las que se produce, los tipos de aprendizaje y el papel del lenguaje (y otros símbolos) en el proceso. Se ha presentado el aprendizaje significativo como el concepto central de la teoría del Aprendizaje Verbal Significativo y de la teoría de la Asimilación, propuesta por Ausubel (1976; 2002). Para este autor, el aprendizaje significativo es el mecanismo humano de aprendizaje por excelencia para aumentar y preservar los conocimientos, siempre que se reúnan las condiciones que lo posibilitan. Es un proceso natural, que va más allá de la adquisición de significados, hasta la fase de retención y/o el olvido de aquellos conocimientos que han servido de anclaje y que van quedando en desuso por falta de funcionalidad (Rodríguez, 2004).

A modo de resumen de la teoría de Ausubel sobre el modo de explicar y comprender el aprendizaje, se utilizan sus propias palabras.

El conocimiento es significativo por definición. Es el producto significativo de un proceso psicológico cognitivo («conocerse») que supone la interacción entre unas ideas «lógicamente» (culturalmente) significativas, unas ideas de fondo («de anclaje») pertinentes en la estructura cognitiva (o en la estructura de conocimiento) de la persona concreta que aprende y la «actitud» mental de esta persona en relación con el aprendizaje significativo o la adquisición y la retención de conocimientos (Ausubel, 2002, p. 9)

APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS CAMPOS CONCEPTUALES DE VERGNAUD

En este apartado, vamos a considerar el proceso de aprendizaje significativo desde la perspectiva de la teoría de los campos conceptuales de Gérard Vergnaud, enfatizando el aprendizaje conceptual. Es una teoría cognitiva neopiagetiana que ofrece un referente más fructífero que el propuesto por Piaget para el estudio del desarrollo cognitivo y del aprendizaje de competencias complejas, en particular, aquellas implicadas en las ciencias y en las técnicas, teniendo en cuenta los propios contenidos del conocimiento y el análisis conceptual de su dominio (Vergnaud, 1990; 1993). No es, por tanto, una teoría de enseñanza de conceptos explícitos y formalizados, sino que se trata de una teoría psicológica del proceso de conceptualización de lo real que permite localizar y estudiar continuidades y rupturas entre conocimientos desde el punto de vista de su contenido conceptual (*ibid.*). Vergnaud, al igual que Piaget, considera que el conocimiento es un proceso de adaptación, y supone que el centro del desarrollo cognitivo es, precisamente, la conceptualización (Vergnaud, 1990; Moreira, 2004 a); por tanto, se debe prestar toda la atención a los aspectos conceptuales de los esquemas y al análisis conceptual de las situaciones para las cuales los estudiantes desarrollan sus esquemas, tanto en el ámbito formal de la educación como en la vida cotidiana.

Presupone que el conocimiento está organizado en *campos conceptuales*, de los que el individuo se apropia a lo largo del tiempo. Entiende los campos conceptuales como un conjunto informal y heterogéneo de situaciones y problemas, para cuyo análisis y tratamiento se requieren diversas clases de conceptos, representaciones simbólicas, operaciones de pensamiento y procedimientos que se conectan entre sí durante su aprendizaje (Vergnaud, 1993; 1990).

El aprendizaje humano se logra mediante el dominio de las situaciones y, para ello, es necesario coordinar conceptos y principios coherentemente, de manera que permitan actuar. Frente a la idea de conceptos de Ausubel, como regularidades empíricas de eventos, para Vergnaud, éstos se derivan de las razones que los hacen necesarios, de las relaciones con los eventos pasados, presentes y futuros, así como de sus posibilidades de predicción (Vergnaud, 1990). Considera éste que el vínculo entre el comportamiento y la representación está descrito por el concepto de esquema introducido por Piaget, y que él redefine como «...una organización invariante de la conducta para una clase de situaciones determinada...» (Vergnaud, 1998, p.172). La organización de un esquema se basa en sus elementos constituyentes:



1. *Objetivos y anticipaciones*: indican que un esquema se orienta a una clase de situaciones en las que puede descubrir un propósito de la actividad, sus objetivos, o esperar ciertos efectos.
2. *Las reglas de acción*: generan los esquemas y permiten continuar las acciones, recoger información y controlar los resultados de la acción; son reglas del tipo *si..., entonces*, que garantizan el éxito de la actividad en un contexto cambiante.
3. *Los invariantes operatorios*: constituidos por la base conceptual generalmente implícita, que permite obtener información pertinente e inferir de ella el propósito que se pretende alcanzar y las reglas de acción más apropiadas; se distinguen dos categorías: los *conceptos-en-acción* y *teoremas-en-acción*.
4. *Las posibilidades de inferencia*: son los razonamientos que contiene un esquema para anticiparse a una situación concreta.

La potencialidad de esta teoría radica en que permite explorar vínculos entre la estructura cognitiva humana y la estructura de un concepto determinado y, de este modo, describir distintos niveles de conceptualización del concepto. Estos niveles se manifiestan en el uso de representaciones simbólicas y una explicitación parcial de significados, que son las expresiones parciales de los invariantes operatorios usados para enfrentar situaciones y problemas que demandan una conceptualización aceptable de lo real. Así, pues, permite analizar la relación entre la dimensión de los conceptos y los *invariantes operatorios* implícitos del comportamiento humano en determinadas *situaciones* y profundizar en las relaciones entre significados y significantes de un concepto (Vergnaud, 1993).

Desde esta perspectiva teórica, los esquemas vinculan la conducta y la representación, por medio de los invariantes, ya que la percepción, la búsqueda y selección de información queda determinada por los conceptos-en-acción disponibles en el sujeto, y los teoremas-en-acción subyacentes en su conducta. Un *teorema-en-acción* es una proposición considerada como verdadera sobre lo real, y un *concepto-en-acción* es una categoría de pensamiento considerada como pertinente (Vergnaud, 1998). Con teoremas y conceptos en acción, Vergnaud se refiere a un conocimiento implícito, es decir, a conceptos que aun formando parte de la estructura cognitiva, no lo serán del todo hasta que el sujeto no sea capaz de explicitarlos. Este conocimiento, que él llama *conocimiento-en-acción*, es lo que permite la adaptación y, en consecuencia, la capacidad de afrontar nuevas situaciones (*ibid.*)

Los conceptos, según Vergnaud, no sólo deben ser definidos por su estructura; es necesario considerar también las propiedades, las situaciones en las cuales se usan los conceptos y las representaciones simbólicas que la persona emplea para pensar y escribir acerca de un concepto, es decir, que la conceptualización está regulada por la interacción entre la información contenida en las situaciones y la estructura conceptual de la persona.

En el marco de esta teoría, se considera a los *conceptos* constituidos por elementos relacionados, referidos a un conjunto de situaciones e invariantes operatorios, cuyas propiedades se expresan por medio de diferentes representaciones simbólicas. Vergnaud (1993;1998) define un concepto como una tríada de conjuntos,

$C = \{S, I, R\}$ donde S es un conjunto de situaciones que dan sentido al concepto, son el *referente* de un concepto; I , un conjunto de invariantes operatorios que basan la operatividad de los esquemas, son el significado del concepto; y R es un conjunto de expresiones semióticas que representan simbólicamente un concepto, o sea, los invariantes operatorios y sus propiedades, las situaciones y los procedimientos, constituyendo el *significante* de un concepto. Un concepto va adquiriendo sentido por interacción con situaciones y problemas, asimilándose las propiedades que formarán los *conocimientos-en-acción*; en la medida en que éstos se expresen, explícitamente, mediante sus significantes; esos invariantes conforman un «verdadero» concepto, tal como el propio Vergnaud indica:

Un concepto en acción no es enteramente un concepto, ni un teorema en acción un teorema. En la ciencia, los conceptos y teoremas son explícitos y se puede discutir su pertinencia y su validez. No es necesariamente el caso para los invariantes operatorios. Conceptos y teoremas explícitos no forman más que la parte visible del iceberg de la conceptualización: sin la parte escondida formada por los invariantes operatorios, esta parte visible no sería nada (Vergnaud, 1990, pp. 144-145).

¿Cómo adquiere significado un concepto? Para Vergnaud, los invariantes operatorios se aplican a las situaciones (problemas, fenómenos) para dar sentido al concepto mediante sus propiedades, relaciones y transformaciones. Así, reconoce también el papel del conocimiento previo en los procesos de construcción del conocimiento, al afirmar que un problema no es tal si el sujeto no tiene conceptos para reconocerlo como problema. Este presupuesto básico identifica a la teoría de la conceptualización de lo real de Vergnaud, dentro de las que se articulan bajo el paradigma constructivista. La acción es considerada, por Piaget y por Vergnaud, como el principal elemento generador de conocimiento y la solución de problemas como fuente y criterio del conocimiento. Otros aspectos de interés en el proceso de aprendizaje significativo de conceptos que se enfatizan en esta teoría (Vergnaud, 1994), son:

- Las situaciones y problemas dominados previamente son esenciales en la adquisición del conocimiento; éste tiene rasgos locales.
- El dominio de validez de los conceptos varía con la experiencia y el desarrollo cognitivo y, por lo tanto, es restringido.
- Si bien es una teoría pragmática, esto no significa que sea empírica. Es decir, los significados surgen de la acción del sujeto al enfrentar situaciones mediadas por procesos cognitivos. Este aspecto de la teoría de Vergnaud difiere del enfoque ausubeliano que considera el proceso de adquisición de conceptos por formación como un proceso empirista y deductivo. El sentido pragmático para Vergnaud está mediado por la acción del sujeto.
- El proceso de simulación de un problema va más allá de la abstracción de regularidades del mundo observable.

A modo de síntesis, en este apartado, se ha procurado resaltar que las situaciones y los problemas con los que se enfrentan las personas son esenciales para el



aprendizaje, y que es, precisamente, en esta interacción donde adquieren significado los conceptos científicos. Esto tiene mucho que ver con el aprendizaje mediante el desarrollo de competencias y, por tanto, puede ayudar a comprenderlo y fundamentar su implementación en el aula.

EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO, UNA VISIÓN COMPARATIVA AUSUBEL VS VERGNAUD

Se muestran, de modo sintético, en la siguiente tabla 1, algunos rasgos comparativos del proceso de aprendizaje significativo, desde la teoría del aprendizaje verbal significativo de Ausubel y la de los campos conceptuales de Vergnaud, que han sido comentados en los puntos anteriores (Caballero, 2004)

TABLA 1. PROCESO APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO AUSUBEL VS.VERGNAUD

TEORÍA APRENDIZAJE VERBAL SIGNIFICATIVO DAVID AUSUBEL	TEORÍA CAMPOS CONCEPTUALES GÉRARD VERGNAUD
– Es una teoría de aprendizaje en el aula.	– Es una teoría psicológica del proceso de conceptualización de lo real.
– Proceso: Asimilación.	– Proceso: Integración adaptativa con las situaciones.
– Conocimiento previo. Principal factor que influye en la adquisición de nuevos conocimientos.	– Conocimiento previo como precursor de nuevos conocimientos: El dominio de situaciones previas es importante para el dominio de situaciones nuevas. Formación de invariantes.
– En el aprendizaje tiene una fuerte influencia el conocimiento previo y, en ocasiones, se hace necesario romper con él.	– Continuidades y rupturas en la construcción del conocimiento.
– Se ocupa de la adquisición de conceptos explícitos y formulados. Propone principios programáticos para organizar la enseñanza, como: diferenciación progresiva, reconciliación integradora, organización secuencial y consolidación.	– No se ocupa de enseñanza de conceptos explícitos y formalizados, pero tiene subyacente la idea de que los conocimientos-en-acción (largamente implícitos) pueden evolucionar, a lo largo del tiempo, hacia conocimientos científicos (explícitos).
– En el conocimiento se da una interacción entre el dominio conceptual y el metodológico.	– Interdependencia entre teoría y práctica.
– Es posible un aprendizaje significativo receptivo. Materiales potencialmente significativos; esencial el conocimiento previo y actitud aprendiz.	– Es ilusión pedagógica que una presentación clara de las teorías lleve a un aprendizaje de las teorías. Las situaciones deben ser potencialmente significativas y pueden conducir simplemente por recepción a un dominio de la situación.
– Evidencia aprendizaje significativo: resolución situaciones problemáticas nuevas que requieran transformación del conocimiento adquirido.	– Progresivo dominio de situaciones del campo conceptual.
– El rol del profesor es el de «organizador» de materiales potencialmente significativos.	– El rol del profesor es el de «mediador» en la acción del sujeto en las situaciones propuestas.
– Problemas como criterio de evaluación del aprendizaje significativo.	– Problemas como fuente y criterio de conocimiento.

APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE CONCEPTOS CIENTÍFICOS. CONCEPTUALIZACIÓN, PROGRESIVIDAD Y DOMINIO

A modo indicativo, se comentan algunas experiencias de investigación en el área de Física que comparten el objetivo de comprender y describir cómo son los procesos mediante los cuales los estudiantes construyen significados de conceptos complejos, como son los científicos y tecnológicos. Estos trabajos se integran en proyectos de investigación más amplios que incluyen la realización de tesis doctorales, dentro del Programa de Doctorado Internacional en Enseñanza de las Ciencias de la Universidad de Burgos, España. Aunque los ejemplos son todos en Física, creemos pueden ser de utilidad para investigadores y docentes en otras áreas científicas. En razón de los límites de espacio, se formula solamente el problema de interés abordado en cada investigación. Sin embargo, una visión más amplia y/o profundización se puede encontrar en las referencias bibliográficas y en las publicaciones de tesis de la Universidad de Burgos (<http://www.ubu.es>). A continuación, se relacionan los trabajos realizados:

1. *El aprendizaje del concepto de campo en física: una exploración a la luz de la teoría de Vergnaud.* (Llancaqueo, Caballero y Moreira, 2003). El foco de interés de este trabajo fue explorar los posibles vínculos entre la estructura cognitiva de los estudiantes y la estructura del concepto de campo compartida en la Física y, en consecuencia, describir niveles de conceptualización de los estudiantes en el aprendizaje del concepto de campo en Física.
2. *Teoremas-en-acción y conceptos-en-acción en clases de Física introductoria en secundaria.* (Escudero, Moreira y Caballero, 2003). Se pretendía conocer cómo llegan a dominar los alumnos las dificultades que encuentran al resolver problemas de cinemática, identificando los conceptos y teoremas-en-acción que emplean para resolverlos.
3. *Teoremas-en-acción y conceptos-en-acción en clases de física introductoria en secundaria.* (Stipcich, Moreira, y Caballero, 2004). El propósito de esta investigación era comprender los tipos de representaciones y significados que emplean los alumnos para otorgar sentido al concepto de interacción en Física.
4. *Los significados de los conceptos de sistema y equilibrio en el aprendizaje de la Mecánica. Estudio exploratorio con estudiantes universitarios.* (Covaleda, Moreira y Caballero, 2005). La cuestión central de esta investigación era reconocer los significados y representaciones mentales que los estudiantes utilizan para dar significado a los conceptos de sistema y equilibrio.
5. *Posibles indicadores de invariantes operatorios presentados por los estudiantes en conceptos de Termodinámica.* (Grings, Moreira y Caballero, 2006). Se pretendía con esta investigación analizar dificultades en alumnos de enseñanza media y técnica en el aprendizaje de conceptos de Termodinámica y, a partir de ellas, identificar posibles invariantes operatorios.



El análisis de los resultados encontrados en estas investigaciones consolidan la potencialidad de la teoría de los campos conceptuales para comprender y analizar los procesos de construcción de significados, es decir, la conceptualización y progresivo dominio del conocimiento que integra el campo conceptual considerado (Vergnaud, 1990), mediante el análisis de la acción del alumno, en las diversas y complejas tareas de aprendizaje que enfrenta. Es a través de esta actividad (*ibid.*) como se desarrollan las competencias que capacitan al alumno para desempeñar las demandas sociales y laborales. Algunas repercusiones que se derivan de estas investigaciones para la enseñanza y aprendizaje de conceptos científicos se exponen a continuación.

IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

Para los fines de la educación en ciencias, un aprendizaje significativo de conceptos (Moreira, 2003; Pozo y Gómez Crespo, 1998) es esencial en la formación científica de los estudiantes, para comprender fenómenos físicos y principios de aplicaciones tecnológicas. Por tanto, es imprescindible conocer cómo las personas construyen conceptos científicos, asimilan y comprenden sus significados, qué tipo de representaciones utilizan y qué características tienen los procesos cognitivos durante el aprendizaje. La comprensión del proceso evolutivo conceptual, como construcción y discriminación de significados, permite además planificar el diseño de estrategias de enseñanza (Moreira, 2000).

Como ya se ha indicado, el aprendizaje significativo es el mecanismo humano por excelencia para adquirir y almacenar la extensa información de cualquier campo de conocimiento. Su eficacia, como mecanismo para procesar y almacenar información, se atribuye a dos características distintivas del mismo: *el carácter no arbitrario y no literal de la capacidad de relación de la tarea de aprendizaje con la estructura cognitiva* (Ausubel, 1978; 2002).

Para Ausubel, el *profesor* es fundamental para crear materiales potencialmente significativos; su función es la de *organizar* (e implementar) material para el aula. La teoría de los campos conceptuales, si bien no es didáctica, tiene importantes implicaciones para la enseñanza, entre las que se encuentra el papel primordial del profesor como *mediador*, esto es, su tarea para ayudar a los alumnos a desarrollar esquemas y representaciones (Vergnaud, 1998); de este modo, los estudiantes se pueden enfrentar a situaciones cada vez más complejas. Pero el desarrollo de nuevos esquemas conlleva nuevos invariantes. En esta función mediadora del profesor, en la tarea educativa, son importantes el lenguaje y los símbolos. No obstante, su intervención más importante es la de proponer y elegir situaciones diversas, presentadas adecuadamente dentro de la zona de desarrollo proximal del alumno. En la teoría de los campos conceptuales, las situaciones no se refieren a situaciones didácticas, sino a tareas, a situaciones percibidas por los estudiantes como problemáticas.

En la resolución de un problema se manifiesta con frecuencia una clara dicotomía en el tratamiento del saber expresado y el saber hacer, es decir, entre el

conocimiento declarativo y el conocimiento procedimental. Se presupone, en general, que enfrentar una situación problemática es sólo resultado de combinar acciones y reglas, dando por hecho el conocimiento necesario contenido en las mismas. Para Vergnaud, «*el conocimiento conceptual está inmerso en la resolución de problemas*» (Vergnaud, 1997, p. 12). En la formación de conceptos, los procesos llevan a identificar categorías, nuevos significados, propiedades, atributos. Una clara distinción dicotómica entre conocimiento procedimental y declarativo puede llevar a subestimar tanto el papel de la representación y conceptos en la resolución del problema como el rol de la operatividad en la formación de los conceptos. ¿Cómo influye este hecho en el diseño de alternativas didácticas que persiguen un aprendizaje significativo? ¿Es una cuestión de interés en investigaciones en enseñanza y aprendizaje? La respuesta obvia es afirmativa, si lo que se pretende es propiciar aprendizaje significativo de conceptos científicos en el alumnado y saber cómo se desarrolla este proceso.

Por último, se destaca la importancia que tiene para la enseñanza, desde los presupuestos teóricos de Vergnaud, comprender el proceso de *explicitación del conocimiento* en el *alumno*. Con frecuencia en el ámbito escolar se superestima el conocimiento explícito y se subestima, o incluso se desvaloriza, el conocimiento implícito de los discentes. Sin embargo, gran parte de nuestra actividad física y mental está constituida por esquemas, y éstos tienen como componentes esenciales los invariantes operatorios (conceptos y teoremas-en-acción) que constituyen los conocimientos contenidos en los esquemas, que son profundamente implícitos. Los *alumnos*, en general, no son capaces de expresar en lenguaje natural o de explicar sus teoremas-en-acción, a pesar de resolver correctamente ciertas tareas. Según Vergnaud (1990), el conocimiento conceptual de los distintos campos de conocimiento es necesariamente explícito y en este proceso de explicitación del conocimiento tiene una tarea esencial el docente. Este aspecto de la explicitación del conocimiento no parece que sea enfatizado, ni directa ni suficientemente, por parte de Ausubel en sus explicaciones relativas a cómo lograr un aprendizaje significativo. La explicitación del conocimiento no es instantánea, sino que sucede progresivamente en un dilatado periodo de tiempo.

CONCLUSIÓN

A partir de las claves del paradigma educativo del espacio europeo de educación superior, que centra la enseñanza en el aprendizaje autónomo y activo del estudiante, se ha presentado una revisión del aprendizaje como construcción de significados conceptuales. Se repasan aspectos esenciales, del modo de comprender y explicar esos procesos de aprendizaje, cuando se pretende que sea significativo, desde la visión original de su autor, así como de otras perspectivas cognitivas actuales, como, por ejemplo, la teoría de los campos conceptuales. Se comentan algunas experiencias, fundamentadas en este referente teórico sobre aprendizaje significativo de conocimientos físicos, concluyendo con algunas sugerencias para la enseñanza y el aprendizaje, derivadas de una concepción del mismo como construcción de



significados. Este proceso de conceptualización, a través del cual se va dominando un campo de conocimiento, es progresivo y dilatado en el tiempo.

Esta visión del aprendizaje resulta relevante y prometedora para el desarrollo y el logro de las competencias que el sistema educativo está pretendiendo en el alumnado, siempre que éstas se entiendan, no desde una perspectiva conductista, sino desde una visión holística, integradora del saber y el saber hacer, como Pérez Gómez (2007) apunta.

BIBLIOGRAFÍA

- AUSUBEL, D.P. (1976). *Psicología educativa. Un punto de vista cognitivo*. México:Trillas.
- AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. y HANESIAN, H. (1978). (2nd ed.). *Educational psychology: a cognitive view*. New Cork: Holt, Rinehart, and Winston.
- AUSUBEL, D.P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Barcelona: Paidós.
- CABALLERO, C. (2004). La progresividad del aprendizaje significativo. En *Aprendizaje significativo: interacción personal, progresividad y lenguaje*. Moreira, M.A., Caballero, C. y Rodríguez Palmero, M.L. (coord.). Servicio Publicaciones Universidad de Burgos: 47-66.
- CHAPPELL, C. (1996). *Quality and competences based education and training in the Literacy Equation*. Australia, Red Hill.
- COVALEDA, 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. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC)*, vol. 4, núm. 1. En <http://www.saum.uvigo.es/reec>.
- DESeCo (2005). The definition and Selection of key Competencias. Executive summary. <http://deseco.admn.ch> (consultado 13/04/09).
- ESCUDERO, C., MOREIRA, M.A. y CABALLERO, C. (2003). Teoremas-en-acción y conceptos-en-acción en clases de física introductoria en secundaria. *Revista Electrónica Enseñanza de las Ciencias (REEC)*, vol. 2, núm. 3. En <http://www.saum.uvigo.es/reec>.
- EURYDE (2007). Focus on the structure of higher education in Europe. *National Trends in the Bologna Process*. Brussels. Belgique.
- FURIÓ, C. y GUIASOLA, J. (2001). La enseñanza del concepto de campo eléctrico basado en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2); 319-334.
- GONZÁLEZ, J. y WAGENAAR, R. (2005) (eds.). *Tuning Educational structures in Europe*. Phase II. Bilbao: Universidad de Deusto.
- GOÑI ZABALA, J.M. (2007). *El espacio europeo de educación superior, un reto para la universidad. Competencias, tareas y evaluación, los ejes del currículo universitario*. Barcelona: Octaedro ICE-UB.
- GRINGS, E. CABALLERO, C. y MOREIRA, M.A. (2006). Possíveis indicadores de invariantes operatorios apresentados por estudantes em conceitos da Termodinâmica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, núm. 4, pp. 1-9.



- GUISASOLA, J. (2001). Análisis crítico de la enseñanza de la electrostática en el Bachillerato y propuesta alternativa de orientación constructivista. En Guisasola, J. y Pérez de Eulate (eds.). *Investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales basadas en el modelo enseñanza-aprendizaje como investigación orientada*. Bilbao: Universidad del País Vasco.
- HAYLAND, T. (1994). *Competence, Education and NVQs: Dissenting perspectives*. London, Cassell.
- LLANCAQUEO, A., CABALLERO, C., MOREIRA, M. A. (2003). El aprendizaje del concepto de campo en física: una exploración a la luz de la teoría de Vergnaud. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 25, num. 4.
- LOBATO, C. (2006). Estudio y trabajo autónomos del estudiante. En DÍAZ, M. (2006). *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias*. Madrid: Ed. Alianza, pp. 191-223.
- MOREIRA, M.A. (1999). *Teorías de Aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica.
- PÉREZ GÓMEZ, A.I. (2007). La naturaleza de las competencias básicas y sus implicaciones pedagógicas. *Cuadernos de Educación de Cantabria*. Consejería de Educación de Cantabria.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN CULTURA Y DEPORTES (2003). *Integración del sistema universitario español en el espacio europeo de la educación superior*. Documento marco MECD. Multicopiado.
- MOREIRA, M.A. (2000). *Aprendizaje significativo: Teoría y práctica*. Madrid: Ed. Visor.
- (2003). *Aprendizaje significativo: Fundamentación teórica y estrategias facilitadoras*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- (2004 a). *La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área*. Porto Alegre: Impressos Portão Ltda. 41-66.
- (2004 b). Lenguaje y aprendizaje significativo. En *Aprendizaje significativo: interacción personal, progresividad y lenguaje*. Moreira, M.A., Caballero, C., Rodríguez Palmero, M.L. (coord.). Servicio Publicaciones Universidad de Burgos: 67-86.
- (2005). *Aprendizagem Significativa Crítica*. Porto Alegre: Impressos Portão Ltda.
- NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Madrid: Ed. Martínez Roca.
- OECD (2002). Definition and Selection of Competencies (DeSeCo): Theoretical and Conceptual Foundations: strategy Paper. Downloaded from http://www.statistik.admin.ch/stat_ch/ber15/desecco/desecco_strategy/paper_final.pdf.
- PERRENOUD, P. (2008). *Diez nuevas competencias para enseñar*. 5ª impresión. Barcelona: Grao.
- POZO, J.I. y MORENEO, C. (1998). *Un currículum para aprender. Las estrategias de aprendizaje como contenido educativo*. Madrid: Santillana.
- POZO, J.I. y GÓMEZ CRESPO, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid. Ed. Morata.
- PÉREZ GÓMEZ, Á.I. (2007). La naturaleza de las competencias básicas y sus aplicaciones pedagógicas. *Cuadernos de Educación*. Consejería de Educación de Cantabria.
- RODRÍGUEZ PALMERO, M.L. (2004). Aprendizaje significativo e interacción personal. En *Aprendizaje significativo: interacción personal, progresividad y lenguaje*. Moreira, M.A., Caballero, C., Rodríguez Palmero, M.L. (coord.). Servicio Publicaciones Universidad de Burgos: 15-46.
- STIPCICH, S., MOREIRA, M.A. y CABALLERO, C. (2004). Una interpretación de las opiniones de ingresantes a la universidad sobre la noción de interacción. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC)*, vol. 3, núm. 1. En <http://www.saum.uvigo.es/reec>.

- VERGNAUD, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10(23): 133-170.
- (1993). Teoria dos campos conceituais. In Naser, L. (ed.). *Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro*, pp. 1-26.
- (1997). The nature of mathematical concepts. In Nunes, T. and Briant, P. (eds.). *Learning and teaching mathematics, an international perspective*. Hove (East Sussex). Psychology Press Ltd.
- (1998). A comprehensive theory of representation for mathematics education. *Journal of Mathematical Behavior*, 17(2):167-181.
- (2007a). ¿En qué sentido la teoría de los campos conceptuales puede ayudarnos para facilitar aprendizaje significativo? *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 12 (2), pp. 285-302. Ponencia presentada v Encuentro Internacional Aprendizaje Significativo, Madrid, 2006 (traducción Concesa Caballero).
- (2007b). Les compétences, bravo! mais encore? Réflexions critiques pour avancer. En http://perso.orange.fr/jacques.nimier/competences_vergnaud.htm (Consultado 26/07/2007).

