

APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO, ORGANIZADORES PREVIOS, MAPAS
CONCEPTUALES, DIAGRAMAS V y UNIDADES DE ENSEÑANZA
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS¹

Marco Antonio Moreira
Instituto de Física – UFRGS
Caixa Postal 15051 – Campus
91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil
moreira@if.ufrgs.br
<http://moreira.if.ufrgs.br>

2012

¹ Material de apoyo para el taller **Aprendizaje significativo: principios y estrategias facilitadoras**, III Convención Internacional y X Nacional de Profesores de Ciencias Naturales, Toluca, México, 15 al 18 de noviembre, 2012.

PRESENTACIÓN

Inicialmente, en el primer artículo, se hace una descripción detallada de la teoría del aprendizaje significativo en la visión clásica de David Ausubel, según la lectura o relectura de M.A. Moreira.

A continuación, en los artículos dos, tres y cuatro, los organizadores previos, los mapas conceptuales y los diagramas V son propuestos como estrategias potencialmente facilitadoras del aprendizaje significativo.

Finalmente, en el quinto artículo, se propone algo nuevo: una unidad de enseñanza teóricamente fundamentada.

La intención del autor al organizar esta recopilación de artículos es la de ofrecer subsidios a profesores que deseen cambiar sus prácticas docentes para facilitar el aprendizaje significativo de sus alumnos en contraposición al aprendizaje mecánico, comportamentalista.

M.A. Moreira

SUMARIO

1. ¿Al final, qué es aprendizaje significativo	04
2. Organizadores previos y aprendizaje significativo	30
3. Mapas conceptuales y aprendizaje significativo	41
4. Diagramas V y aprendizaje significativo	55
5. Unidades de enseñanza potencialmente significativas	67

¿AL FINAL, QUÉ ES APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO?^{1,2}

(After all, what is meaningful learning?)

Marco Antonio Moreira
Instituto de Física - UFRGS
Código Postal 15051 - Campus
91501-970 Porto Alegre - Rs
www.if.ufrgs.br/~moreira

Resumen

Se hace una descripción detallada de la teoría del aprendizaje significativo en la visión clásica de David Ausubel, según la lectura, o relectura, del autor. La teoría no se presenta como nueva, sino como actual. Se argumenta que ha habido una apropiación superficial, polisémica, del concepto de aprendizaje significativo, de modo que cualquier estrategia de enseñanza ha pasado a tener el aprendizaje significativo como objetivo. Sin embargo, en la práctica la mayoría de esas estrategias, o la escuela, de un modo general, continúa promoviendo mucho más el aprendizaje mecánico, puramente memorístico, que el significativo. Por eso, el texto procura aclarar qué es, al final de cuentas, el aprendizaje significativo. Eso se ha hecho enfocando recursivamente dicho concepto a lo largo del texto a fin de promover su diferenciación progresiva.

Palabras clave: aprendizaje significativo, aprendizaje mecánico, estrategias de enseñanza.

Abstract

A detailed description of David Ausubel's classical meaningful learning theory is presented according to the author's interpretation, or reinterpretation. The theory is not presented as new, but as a present day theory. It is argued that a superficial and polissemic appropriation of the meaningful learning concept has occurred in such a way that any teaching strategy now has meaningful learning as target. However, in practice most of those strategies, or the school in general, are still promoting much more rote learning than meaningful learning. For this reason, the text attempts to clarify what is, after all, meaningful learning. This is done approaching this concept recursively throughout the text in order to promote its progressive differentiation.

Keywords: meaningful learning, rote learning, teaching strategies.

APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

Visión General

Aprendizaje significativo es aquél en el que ideas expresadas simbólicamente interactúan de manera sustantiva y no arbitraria con lo que el aprendiz ya sabe. Sustantiva quiere decir no literal, que no es al pie de la letra, y no arbitraria significa que la interacción no se produce con cualquier idea previa, sino con algún conocimiento específicamente relevante ya existente en la estructura cognitiva del sujeto que aprende.

¹ Lección Inaugural del Programa de Posgrado en Enseñanza de las Ciencias Naturales, Instituto de Física, Universidad Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010.

² Moreira, M.A. (2012). ¿Al final qué es aprendizaje significativo? *Revista Currículum*, La Laguna, 25: 29-56.

A este conocimiento, específicamente relevante para el nuevo aprendizaje, el cual puede ser, por ejemplo, un símbolo ya significativo, un concepto, una proposición, un modelo mental, una imagen, David Ausubel (1918-2008) lo llamaba *subsunsor* o *idea-ancla*.

En términos simples, subsunsor es el nombre que se da a un conocimiento específico, existente en la estructura de conocimientos del individuo, que permite darle significado a un nuevo conocimiento que le es presentado o que es descubierto por él. Tanto por recepción como por descubrimiento, la atribución de significados a nuevos conocimientos depende de la existencia de conocimientos previos específicamente relevantes y de la interacción con ellos.

El subsunsor puede tener mayor o menor estabilidad cognitiva, puede estar más o menos diferenciado, o sea, más o menos elaborado en términos de significados. Sin embargo, como el proceso es interactivo, cuando sirve de idea-ancla para un nuevo conocimiento, él mismo se modifica adquiriendo nuevos significados, corroborando significados ya existentes.

Es importante reiterar que el aprendizaje significativo se caracteriza por la interacción entre conocimientos previos y conocimientos nuevos y que esa interacción es no literal y no arbitraria. En ese proceso, los nuevos conocimientos adquieren significado para el sujeto y los conocimientos previos adquieren nuevos significados o mayor estabilidad cognitiva.


Por ejemplo, para un alumno que ya conoce la Ley de la Conservación de la Energía aplicada a la energía mecánica, resolver problemas donde hay transformación de energía potencial en cinética y viceversa apenas corrobora el conocimiento previo, dándole más estabilidad cognitiva y tal vez mayor claridad. Pero si se le presentara la Primera Ley de la Termodinámica (no importa si en una clase, en un libro o en un moderno aplicativo) como la Ley de la Conservación de la Energía aplicada a fenómenos térmicos, el alumno le dará significado a esa nueva ley en la medida en que “accione” el subsunsor *Conservación de la Energía*, y éste se quedará más rico, más elaborado, tendrá nuevos significados, pues la *Conservación de la Energía* se aplicará no sólo al campo conceptual de la Mecánica, sino también al de la Termodinámica.

A través de nuevos aprendizajes significativos, resultantes de nuevas interacciones entre nuevos conocimientos y el subsunsor *Conservación de la Energía*, éste se irá quedando cada vez más estable, más claro, más diferenciado y el aprendiz le dará el significado de una ley general de la Física, o sea, que la energía se conserva siempre.

Por otro lado, el subsunsor *Conservación de la Energía*, podrá servir de idea-ancla para otro nuevo conocimiento: la Conservación de la Cantidad de Movimiento, otra ley general de la Física. Análogamente, la conservación de otras magnitudes físicas, como el *momentum* angular y la carga eléctrica, adquirirán significados por interacción con el subsunsor constituido por las leyes de conservación ya significativas. Es decir, el subsunsor que inicialmente era sólo conservación de la energía, ahora es también conservación de la cantidad de movimiento, del *momentum* angular, de la carga eléctrica, de la corriente eléctrica, y de otras magnitudes físicas, permitiendo incluso dar significado a la no conservación de algunas, como es el caso de la entropía.

Progresivamente, el subsunsor se va quedando más estable, más diferenciado, más rico en significados, pudiendo facilitar cada vez más nuevos aprendizajes. En el caso de las conservaciones de magnitudes físicas, el aprendiz puede llegar a un “nuevo subsunsor” -

Leyes de Conservación - que pasa a subordinar todas las conservaciones anteriores. O sea, que se aplica a varias magnitudes físicas y a otras no.

Esta forma de aprendizaje significativo, en la cual una nueva idea, un nuevo concepto, una nueva proposición, más amplia, pasa a subordinar conocimientos previos se llama *aprendizaje significativo superordenado*. No es muy común; la manera más típica de aprender significativamente es el aprendizaje *significativo subordinado*, en el cual un nuevo conocimiento adquiere significado en el anclaje interactivo con algún conocimiento previo específicamente relevante. 

Podríamos también tomar como ejemplo la construcción del subsunso *mapa*. Los niños en la escuela forman el concepto de mapa geográfico a través de sucesivos encuentros con instancias de ese concepto. Aprenden que el mapa puede ser de la ciudad, del país, del mundo. Progresivamente, van aprendiendo que un mapa puede ser político, viario, físico, etc. El subsunso mapa se va enriqueciendo cada vez más, se va quedando con más significados, más estable y más capaz de interactuar con nuevos conocimientos. Dependiendo de los campos de conocimiento que el sujeto quiera dominar en sus aprendizajes futuros, tendrá que darle significado a conceptos tales como mapas cognitivos, mapas mentales, mapas conceptuales, mapas de eventos u otros tipos de mapas. Entonces, a lo largo de sucesivos aprendizajes significativos, el subsunso va adquiriendo muchos significados, haciéndose cada vez más capaz de servir de idea-ancla para nuevos conocimientos.

Sin embargo, si un dado conocimiento previo no sirve usualmente de apoyo para el aprendizaje significativo de nuevos conocimientos, no pasará espontáneamente por ese proceso de elaboración, diferenciación, cognitiva. En los ejemplos expuestos, la ley de conservación se aplicará apenas a la energía y mapa será siempre el mapa de la escuela primaria.

Puede ocurrir también que un subsunso muy rico, muy elaborado, es decir, con muchos significados claros y estables, se oblitere a lo largo del tiempo, “encoja” de cierta forma, en el sentido de que sus significados ya no sean tan claros, discernibles unos de los otros. **En la medida en la que un subsunso no sea frecuentemente utilizado, tiene lugar esa inevitable obliteración,** esa pérdida de discriminación entre significados. Es un proceso normal del funcionamiento cognitivo, es un olvido, pero, tratándose de aprendizaje significativo, el reaprendizaje es posible y relativamente rápido.

En el caso de las Leyes de Conservación, un alumno que hubiese adquirido ese concepto significativamente, pero que después de salir de la escuela, o de la facultad, pasase mucho tiempo sin contacto con temas de Física, probablemente continuaría sabiendo que ésa es una idea central en Física, pero tal vez no recordase exactamente cuáles son las magnitudes físicas que se conservan y cuáles no, y mucho menos el formalismo de una determinada ley de conservación. Pero una vez que el aprendizaje hubiese sido significativo, y ese sujeto retomase estudios de Física, probablemente no tendría mucha dificultad en “rescatar”, “reactivar” o “reaprender” el subsunso Leyes de Conservación. Eso ocurre también con profesores que pasan muchos años sin dar clases sobre ciertos contenidos.

Por tanto, aprendizaje significativo no es, como se puede pensar, aquél que el individuo nunca olvida. La *asimilación obliteradora* es una continuidad natural del aprendizaje significativo, sin embargo, no se trata de un olvido total. Es una pérdida de discriminabilidad, de diferenciación de significados, no una pérdida de significados. Si el

olvido es total, como si el individuo nunca hubiese aprendido un cierto contenido, es probable que el aprendizaje haya sido *mecánico*, no significativo.

El subsunsores es, por lo tanto, un conocimiento establecido en la estructura cognitiva del sujeto que aprende y que permite, por interacción, dar significado a otros conocimientos. No es conveniente “cosificarlo”, “materializarlo” como un concepto, por ejemplo. El subsunsores puede ser también una concepción, un constructo, una proposición, una representación, un modelo, en fin un conocimiento previo específicamente relevante para el aprendizaje significativo de determinados conocimientos nuevos.

La claridad, la estabilidad cognitiva, la amplitud, la diferenciación de un subsunsores varían a lo largo del tiempo, o mejor, de los aprendizajes significativos del sujeto. Se trata de un conocimiento dinámico, no estático, que puede evolucionar e, incluso, involucionar.

En lenguaje coloquial podríamos decir que “nuestra cabeza” está “llena” de subsunsores, unos ya están bien firmes, otros aún están débiles, pero en fase de crecimiento; unos muy usados, otros raramente, unos con muchas “ramificaciones”, otros “encogiéndose”. Naturalmente, esos conocimientos interactúan entre sí y pueden organizarse y reorganizarse. O sea, “nuestra cabeza” contiene un conjunto dinámico de subsunsores.

En términos más técnicos, en lugar de “cabeza” podríamos hablar de *estructura cognitiva* y decir que el complejo organizado de subsunsores y sus interrelaciones, en un cierto campo de conocimientos, podría ser pensado como el conjunto de elementos constituyentes de la estructura cognitiva de un individuo en ese campo. Se podría también hablar de estructura cognitiva en términos de subsunsores más amplios, más generales, aplicables a distintos campos de conocimiento. Estructura cognitiva es un constructo (un concepto para el cual no hay un referente concreto) usado por diferentes autores, con diferentes significados, con el cual se puede trabajar en niveles distintos, o sea, referido a un área específica de conocimientos o a un campo conceptual, un complejo más amplio de conocimientos.

Tales conocimientos pueden ser de naturaleza conceptual, procedimental o actitudinal. Sin embargo, los subsunsores de Ausubel se refieren mucho más al conocimiento declarativo (conceptual), tanto es así que muchas veces hablaba de *concepto subsunsores*, nomenclatura que hoy no nos parece adecuada porque restringe mucho el significado de subsunsores, induciendo a que éste sea pensado como un concepto determinado. Como ya se dijo, es mejor considerar el subsunsores como un conocimiento previo específicamente relevante para un nuevo aprendizaje, no necesariamente como un concepto.

Hay que destacar también que, en el ámbito de la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel, la estructura cognitiva es un conjunto jerárquico de subsunsores dinámicamente interrelacionados. Hay subsunsores que son jerárquicamente subordinados a otros, pero esa jerarquía puede cambiar si, por ejemplo, hay un aprendizaje superordenado, en el cual un nuevo subsunsores pasa a incorporar otros. Volviendo al ejemplo de la Conservación de la Energía, se puede pensar que para un cierto estudiante ése sea, en una determinada época, un subsunsores jerárquicamente superior a otros conocimientos de Física que él adquirió. Pero a lo largo de sus aprendizajes, él podrá construir el subsunsores Leyes de Conservación que abarcará la Conservación de la Energía, o sea, será jerárquicamente superior.

Por otro lado, un conocimiento que ocupa una determinada posición en una cierta jerarquía de subsunsores podrá ocupar otra posición, incluso poco importante, en otra jerarquía, en otro campo de conocimientos. Eso significa que las jerarquías de subsunsores no son fijas dentro de un mismo campo de conocimientos y varían de un campo para otro. Por ejemplo, dentro de un enfoque piagetiano del desarrollo cognitivo, la idea de estructuras generales de pensamiento es muy importante, sin embargo en una óptica neopiagetiana, ese subsunsores puede estar subordinado a otro. Para Vergnaud (1990), por ejemplo, la conceptualización constituye el núcleo del desarrollo cognitivo. Por tanto, en el ámbito de su teoría de los campos conceptuales, conceptualización es un subsunsores jerárquicamente superior al de estructuras generales de pensamiento.

La estructura cognitiva, considerada como una estructura de subsunsores interrelacionados y jerárquicamente organizados es una estructura dinámica caracterizada por dos procesos principales, la *diferenciación progresiva* y la *reconciliación integradora*.

La *diferenciación progresiva* es el proceso de atribución de nuevos significados a un determinado subsunsores (un concepto o una proposición, por ejemplo) resultante de la sucesiva utilización de ese subsunsores para dar significado a nuevos conocimientos.

Recordemos que el aprendizaje significativo deriva de la interacción no arbitraria y no literal de nuevos conocimientos con conocimientos previos (subsunsores) específicamente relevantes. A través de sucesivas interacciones, un determinado subsunsores va, progresivamente, adquiriendo nuevos significados, se va quedando más rico, más refinado, más diferenciado, y más capaz de servir de anclaje para nuevos aprendizajes significativos.

Eso es lo que se entiende por diferenciación progresiva de un concepto, de una proposición, de una idea, o sea, de un subsunsores. Por ejemplo, consideremos el concepto de fuerza. Cualquier niño ya formó ese concepto antes de llegar a la escuela, pero con significados como tirón, empujón, esfuerzo físico, “hacer fuerza”, “no tener fuerza”, etc. En la escuela, en ciencias, aprenderá que existe en la naturaleza una fuerza que se debe a la masa de los cuerpos - la fuerza gravitacional - y que esa fuerza es muy importante para el sistema planetario, que es atractiva, que se rige por una determinada ley, etc.

Para dar significado a esa fuerza, para entender que los cuerpos materiales se atraen, el alumno muy probablemente usará el subsunsores fuerza que ya tiene en su estructura cognitiva con significados de su entorno cotidiano. Pero en esa interacción, al mismo tiempo que la fuerza gravitacional adquirirá significados, el subsunsores fuerza se quedará más rico en significados, pues ahora, además de tirón, empujón, esfuerzo físico, significará también atracción entre cuerpos que tienen masa. Más adelante, ese mismo alumno podrá recibir enseñanzas sobre otra fuerza fundamental de la naturaleza - la fuerza electromagnética - que se debe a otra propiedad de la materia, la carga eléctrica. Nuevamente, si el aprendizaje es significativo, habrá una interacción entre el subsunsores fuerza y el nuevo conocimiento fuerza electromagnética. En esa interacción, fuerza electromagnética adquirirá significados para el alumno y el subsunsores fuerza se quedará más diferenciado porque significará también una fuerza que puede ser atractiva o repulsiva y que puede manifestarse solamente como fuerza eléctrica o sólo como fuerza magnética.

Siguiendo en esa línea de razonamiento, si el alumno continúa estudiando Física, acabará incorporando al subsunsores fuerza, los significados relativos a las fuerzas nucleares fuerte y débil. Varios años habrán pasado hasta que ese estudiante, tenga, en el subsunsores

fuerza, significados aceptados científicamente, relativos a la fuerza gravitacional, a la fuerza electromagnética, a la fuerza nuclear débil y a la fuerza nuclear fuerte. Podrá haber aprendido también que éstas son las únicas fuerzas fundamentales de la naturaleza, pues todas las demás pueden ser interpretadas como casos particulares de éstas cuatro.

Pero para llegar hasta ahí no bastaría con haber refinado y diferenciado progresivamente la idea de fuerza. Sería necesario también haber hecho muchas reconciliaciones de las diferencias reales o aparentes entre las muchas fuerzas que aparecen en los libros didácticos (por ejemplo, fuerza de roce, fuerza peso, fuerza motriz, fuerza centrífuga) entre conflictos cognitivos (por ejemplo, ¿cómo puede aumentar la fuerza de atracción entre ciertas partículas elementales cuando éstas se alejan, si normalmente se da lo contrario?). Se dice entonces que se habrían hecho reconciliaciones integradoras.

La reconciliación integradora, o integrativa, es un proceso también propio de la dinámica de la estructura cognitiva, simultáneo al de la diferenciación progresiva, ya expuesto, que consiste en eliminar diferencias aparentes, resolver inconsistencias, integrar significados, hacer superordenaciones.

Cuando aprendemos de manera significativa, tenemos que, progresivamente, diferenciar significados de los nuevos conocimientos adquiridos con el fin de percibir diferencias entre ellos, pero es preciso también proceder a la reconciliación integradora. Si solamente diferenciamos cada vez más los significados, acabaremos por percibirlo todo diferente. Si solamente integramos los significados indefinidamente, terminaremos percibiendo todo igual. Los dos procesos son simultáneos y necesarios para la construcción cognitiva, pero parecen ocurrir con intensidades distintas. La diferenciación progresiva está más relacionada con el aprendizaje significativo subordinado, que es más común, y la reconciliación integradora tiene que ver más con el aprendizaje significativo superordenado, que tiene lugar con menos frecuencia.

La diferenciación progresiva y la reconciliación integradora, que son procesos de la dinámica de la estructura cognitiva también se pueden tomar como principios programáticos del contenido de la materia de enseñanza. Ese asunto se tratará más adelante.

El conocimiento previo es, en la visión de Ausubel, la variable aislada más importante para el aprendizaje significativo de nuevos conocimientos. Es decir, si fuese posible separar una única variable como la que más influye en nuevos aprendizajes, esta variable sería el conocimiento previo, los subsunsores ya existentes en la estructura cognitiva del sujeto que aprende.

En todos los ejemplos dados hasta aquí, el conocimiento previo “ayudó” en el aprendizaje de nuevos conocimientos, permitió dar significados a estos conocimientos, al mismo tiempo que se fue quedando más estable, más rico, más elaborado.

Pero no siempre es así: hay casos en los que el conocimiento previo puede ser bloqueador y funcionar como lo que Gaston Bachelard llamó obstáculo epistemológico. Por ejemplo, la idea de corpúsculo como una “bolita” invisible, con una masa muy pequeña, que ocupa un espacio muy pequeño, dificulta enormemente el aprendizaje significativo de qué es una partícula elemental. El átomo como un sistema planetario en miniatura también funciona como obstáculo representacional para el aprendizaje de la estructura del átomo en la perspectiva de la Mecánica Cuántica. Partículas elementales representadas en los libros de texto como pequeñas esferas coloreadas pueden obstaculizar el aprendizaje de qué son los

quarks, aunque éstos tengan la propiedad color (que no tiene el mismo significado aceptado en la Óptica). Otro ejemplo es el caso de los diagramas de flujo, organigramas y cuadros sinópticos que pueden incluso bloquear el aprendizaje significativo de qué es un mapa conceptual (diagrama jerárquico de conceptos).

Por tanto, decir que el conocimiento previo es la variable que más influye en el aprendizaje significativo de nuevos conocimientos no significa decir que es siempre una variable facilitadora. Normalmente sí, pero, en algunos casos, puede ser bloqueadora.

Para concluir esta visión general, es importante aclarar otro aspecto del aprendizaje significativo: *no es sinónimo de aprendizaje “correcto”*. En ejemplos anteriores debe haber quedado claro que aprendizaje significativo no es aquél que nunca olvidamos. Aquí es necesario destacar que aprendizaje significativo no es, necesariamente, aquél que comúnmente llamamos “correcto”. Cuando el sujeto atribuye significados a un determinado conocimiento, anclándolo interactivamente en conocimientos previos, el aprendizaje es significativo, independientemente de si éstos son los aceptados en el contexto de alguna materia de enseñanza, o sea, de si los significados atribuidos son también contextualmente aceptados, además de ser personalmente aceptados.

Las conocidas *concepciones alternativas*, tan investigadas en el área de enseñanza de las ciencias, generalmente son aprendizajes significativos (y, por eso, tan resistentes al cambio conceptual). Por ejemplo, si una persona cree que en verano estamos más cerca del sol y en invierno más lejos, explicando así las estaciones del año, eso puede ser significativo para ella, aunque no sea la explicación científicamente aceptada.

Condiciones para el aprendizaje significativo

Esencialmente, son dos las condiciones para el aprendizaje significativo: 1) *el material de aprendizaje debe ser potencialmente significativo* y 2) *el aprendiz debe presentar una predisposición para aprender*.

La primera condición implica: 1) que el material de aprendizaje (libros, clases, aplicativos,...) tenga significado lógico (es decir, que sea relacionable de manera no arbitraria y no literal con una estructura cognitiva apropiada y relevante) y 2) que el aprendiz tenga en su estructura cognitiva ideas-ancla relevantes con las cuales se pueda relacionar ese material. Es decir, el material debe ser relacionable con la estructura cognitiva y el aprendiz debe tener el conocimiento previo necesario para hacer esa relación de forma no arbitraria y no-literal.

Es importante enfatizar aquí que el material sólo puede ser *potencialmente significativo*, no *significativo*: no existe libro significativo, ni clase significativa, ni problema significativo, ..., pues el significado está en las personas, no en los materiales.

Es el estudiante quien le atribuye significado a los materiales de aprendizaje y los significados atribuidos puede que no sean los aceptados en el contexto de la materia de enseñanza. Naturalmente, en la enseñanza lo que se pretende es que el alumno le atribuya a los nuevos conocimientos, vehiculados por los materiales de aprendizaje, los significados aceptados en el contexto de la materia de enseñanza, pero eso normalmente depende de un intercambio, de una “negociación”, de significados, que puede tardar bastante.

Tal vez satisfacer la segunda condición sea más difícil que la primera: el aprendiz debe querer relacionar los nuevos conocimientos, de forma no arbitraria y no literal, a sus conocimientos previos. Eso es lo que significa predisposición para aprender.

No se trata exactamente de motivación, o de que le guste la materia. Por alguna razón, el sujeto que aprende debe estar predispuesto a relacionar (diferenciando e integrando) interactivamente los nuevos conocimientos a su estructura cognitiva previa, modificándola, enriqueciéndola, elaborándola y dándole significado a esos conocimientos. Puede ser simplemente porque sabe que sin comprensión no tendrá buenos resultados en los exámenes. Además, gran parte del aprendizaje memorístico sin significado (el llamado aprendizaje mecánico) que comúnmente tiene lugar en la escuela resulta de los exámenes y procedimientos de enseñanza que estimulan un aprendizaje de esa naturaleza.

Por otro lado, el alumno puede querer dar significados a los nuevos conocimientos y no tener conocimientos previos adecuados, o el material didáctico no tener significado lógico, y entonces volvemos a la primera condición: el material debe ser potencialmente significativo.

Resumiendo, son dos las condiciones para el aprendizaje significativo: material *potencialmente significativo* (que implica logicidad intrínseca al material y disponibilidad de conocimientos específicamente relevantes) y *predisposición para aprender*.

El papel de la estructura cognitiva

En la perspectiva del aprendizaje significativo ausubeliano, la estructura cognitiva previa (es decir, los conocimientos previos y su organización jerárquica) es el principal factor, la variable aislada más importante, afectando al aprendizaje y a la retención de nuevos conocimientos.

La claridad, la estabilidad y la organización del conocimiento previo en un determinado cuerpo de conocimientos, en un cierto momento, es lo que más influye en la adquisición significativa de nuevos conocimientos en esa área, en un **proceso interactivo** en el cual lo nuevo gana significados, se integra y se diferencia con relación a lo ya existente que, a su vez, adquiere nuevos significados, se hace más estable, más diferenciado, más rico, más capaz de anclar nuevos conocimientos.

Anclaje es una metáfora. Se dice que ciertos conocimientos previos funcionan como ideas-ancla y se les da el nombre de subsunsores. O sea, los nuevos conocimientos se anclan en conocimientos preexistentes y así adquieren significados. Es importante, sin embargo, no atribuirle un carácter estático, de mero ancladero, a los subsunsores, pues el proceso es interactivo, dinámico, y en él el subsunsores se modifica. Como se dijo, anclaje es una metáfora; por tanto la subsunción no es un anclaje propiamente dicho.

Cuando la modificación del subsunsores es bastante acentuada, se habla de *subsunción derivativa*; cuando sólo corrobora, refuerza el subsunsores, se usa el término *subsunción correlativa*. Por ejemplo, cuando un alumno de Física resuelve varios problemas sobre energía potencial y cinética, siempre confirmando la conservación de la energía mecánica, la subsunción es derivativa. Usando un ejemplo ya dado en la visión general de la teoría, se puede decir que cuando un estudiante aprende que la Primera Ley de la Termodinámica es un caso particular de la Conservación de la Energía aplicada a fenómenos térmicos,

probablemente la subsunción es correlativa: lo que antes se aplicaba a la Mecánica, ahora se aplica también a la Termodinámica.

Otro ejemplo es el caso de los mamíferos: aprender que otro determinado animal, relativamente conocido, es mamífero es una subsunción derivativa, sin embargo aprender que el murciélago y la ballena también son mamíferos ciertamente será una subsunción correlativa. La idea es simple: en algunos aprendizajes significativos, el(los) subsunsores se modifica(n) bastante y en otros no.

Los subsunsores

Muchas veces se piensa que los subsunsores son meramente conceptos e incluso se usa el término de conceptos subsunsores. Eso deriva del énfasis que Ausubel le daba a los conceptos estructurantes de cada disciplina que deberían ser identificados y enseñados a los alumnos y que, una vez aprendidos significativamente, servirían de subsunsores para nuevos aprendizajes significativos.

Sin rechazar la idea de que cuerpos organizados de conocimiento poseen, de hecho, conceptos estructurantes, es más adecuado pensar los subsunsores simplemente como conocimientos previos específicamente relevantes para que los materiales de aprendizaje o, en fin, los nuevos conocimientos sean potencialmente significativos. En esa línea, subsunsores pueden ser proposiciones, modelos mentales, constructos personales, concepciones, ideas, invariantes operatorios, representaciones sociales y, por supuesto, conceptos ya existentes en la estructura cognitiva de quien aprende.

Subsunsores serían, entonces, conocimientos previos específicamente relevantes para el aprendizaje de otros conocimientos.

Surgen entonces dos preguntas: ¿Cómo se forman los primeros subsunsores? ¿Qué hacer cuando el alumno no tiene subsunsores? La respuesta a la primera pregunta tiene que ver con procesos típicos del aprendizaje en los primeros años de vida y la segunda con los organizadores previos.

Los primeros subsunsores

La hipótesis aquí es que la construcción de los primeros subsunsores se da a través de procesos de inferencia, abstracción, discriminación, descubrimiento, representación, envueltos en sucesivos encuentros del sujeto con instancias de objetos, eventos, conceptos. Por ejemplo, cuando un niño se encuentra por primera vez con un gato y alguien le dice “mira el gato”, la palabra gato pasa a representar aquel animal específicamente. Pero luego aparecen otros animales que también son gatos, aunque puedan ser diferentes en algunos aspectos, y otros que no son gatos, a pesar de que puedan ser semejantes a éstos en algunos aspectos. Cuando la palabra gato representa una clase de animales con ciertos atributos, independientemente de ejemplos específicos, se dice que se ha formado el concepto de gato.

Además de conceptos, el niño en los primeros años de vida, en la fase preescolar, va formando también modelos causales de estados de cosas del mundo y otros constructos mentales. Al principio, depende mucho de la experiencia concreta con ejemplos de objetos y eventos, así como de la mediación de adultos. Progresivamente, sin embargo, pasa a aprender cada vez más en función de los subsunsores ya construidos y la mediación personal

(generalmente de la profesora o profesor) pasa a ser una negociación de significados, aceptados y no aceptados en el contexto de un determinado cuerpo de conocimientos.

Este último proceso, que predomina casi completamente en la fase adulta, es lo que Ausubel llamó **asimilación**, que no es la misma asimilación de Piaget. La asimilación ausubeliana es el proceso, ya descrito, en el cual un nuevo conocimiento *interactúa*, de forma no arbitraria y no literal, con algún conocimiento previo específicamente relevante. Es el “anclaje”, también ya referido, en el cual el nuevo conocimiento adquiere significados y el conocimiento previo adquiere nuevos significados. En esa interacción, los dos se modifican, sin embargo se dice que hubo una asimilación del nuevo conocimiento. Se dice también que el aprendizaje significativo fue *subordinado*. **Se trata de una interacción cognitiva entre conocimientos nuevos y previos, no una interacción sujeto-objeto, como en la asimilación piagetiana.**

Los organizadores previos

Cuando el aprendiz no dispone de subsunsores adecuados que le permitan atribuir significados a los nuevos conocimientos, se suele pensar que el problema se puede resolver con los llamados **organizadores previos**, solución propuesta incluso por Ausubel, pero que, en la práctica, muchas veces no funciona.

Organizador previo es un recurso instruccional presentado en un nivel más alto de abstracción, generalidad e inclusividad con relación al material de aprendizaje. No es una visión general, un sumario o un resumen que generalmente están en el mismo nivel de abstracción del material que debe ser aprendido. Puede ser un enunciado, una pregunta, una situación-problema, una demostración, una película, una lectura introductoria, una simulación. Puede ser también una clase que precede a un conjunto de otras clases. Las posibilidades son muchas, pero **la condición es que preceda la presentación del material de aprendizaje y que sea más amplia, más general e inclusiva que éste.**

Se pueden distinguir dos tipos de organizadores previos: cuando el material de aprendizaje es no- familiar, cuando el aprendiz no tiene subsunsores se recomienda el uso de un **organizador expositivo** que, supuestamente, hace de puente entre lo que el alumno sabe y lo que debería saber para que el material fuese potencialmente significativo. En ese caso, el organizador debe proveer un anclaje ideacional en términos que sean familiares al aprendiz. Cuando el nuevo material es relativamente familiar, lo recomendado es el uso de un **organizador comparativo**, que ayudará al aprendiz a integrar nuevos conocimientos a la estructura cognitiva y, al mismo tiempo, a discriminarlos de otros conocimientos ya existentes en esa estructura que son esencialmente diferentes, pero que pueden ser confundidos.

En otras palabras, organizadores previos pueden usarse para suplir la deficiencia de subsunsores o para mostrar la relacionalidad y la discriminabilidad entre nuevos conocimientos y conocimientos ya existentes, o sea, subsunsores.

Con la primera finalidad, los resultados han sido modestos: la investigación (Luiten et al., 1978) ha mostrado que el efecto de los organizadores previos existe, pero es pequeño. Si el estudiante no tiene subsunsores relevantes para el aprendizaje de nuevos conocimientos, lo mejor es facilitar, promover, su construcción antes de proseguir.

Como recurso para mostrar que nuevos conocimientos están relacionados con conocimientos previos, siempre se deben utilizar organizadores en la enseñanza, pues el

alumno muchas veces no percibe esa relacionabilidad y piensa que los nuevos materiales de aprendizaje no tienen mucho que ver con sus conocimientos previos. Organizadores previos deben ayudar al aprendiz a percibir que los nuevos conocimientos están relacionados a ideas presentadas anteriormente, a subsunsores que existen en su estructura cognitiva previa.

Por ejemplo, antes de introducir el concepto de campo electromagnético, el profesor debe retomar el concepto de campo en un nivel más alto de abstracción e inclusividad y, también, “rescatar” el concepto de campo gravitacional anteriormente aprendido. Otros ejemplos: antes de trabajar el concepto de emulsión, se puede discutir con los alumnos la manera de preparar mayonesa; antes de hablar de taxonomía, se puede clasificar de varias maneras un conjunto de botones de diferentes colores, tamaños, materiales, finalidades.

Aprendizaje significativo x aprendizaje mecánico

Hasta ahora se habló mucho de aprendizaje significativo, de la variable que más lo influye, de sus condiciones de ocurrencia y de un recurso educacional que puede facilitarlo. Sin embargo, el aprendizaje que más tiene lugar en la escuela es otro: el *aprendizaje mecánico*, aquél que prácticamente no tiene significado, que es puramente memorístico, que sirve para los exámenes y enseguida es olvidado, borrado. En lenguaje coloquial, el aprendizaje mecánico es la conocida memorización, tan utilizada por el alumnado y tan incentivada en la escuela.

Sin embargo, hay que destacar que aprendizaje significativo y aprendizaje mecánico no constituyen una dicotomía: están a lo largo de un mismo continuo. Tal como sugiere la Figura 1, hay una “zona gris” entre ambos extremos.

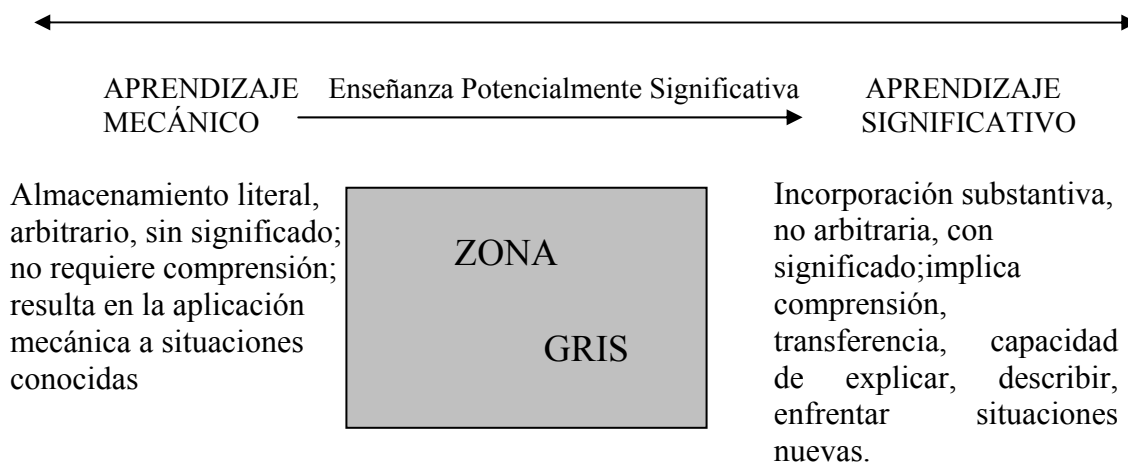


Figura 1. Una visión esquemática del continuo aprendizaje significativo-aprendizaje mecánico, sugiriendo que en la práctica gran parte del aprendizaje tiene lugar en la zona intermedia de ese continuo y que una enseñanza potencialmente significativa puede facilitar “el progreso del alumno en esa zona gris”.

La existencia de ese continuo entre aprendizaje significativo y mecánico requiere algunas explicaciones:

- El paso del aprendizaje mecánico hacia el aprendizaje significativo no es natural, o automático; es una ilusión pensar que el alumno puede inicialmente aprender de forma mecánica, pues al final del proceso el aprendizaje acabará siendo significativo. Esto puede ocurrir, pero dependerá, en todo caso, de la existencia de subsunsores adecuados, de la predisposición del alumno para aprender, de materiales potencialmente significativos y de la mediación del profesor. En la práctica, tales condiciones muchas veces no se satisfacen y lo que predomina es el aprendizaje mecánico.
- El aprendizaje significativo es *progresivo*, la construcción de un subsunsores es un proceso de captación, internalización, diferenciación y reconciliación de significados que no es inmediato. Al contrario, es progresivo, con rupturas y continuidades y puede ser bastante largo, análogamente a lo que sugiere Vergnaud (1990) con relación al dominio de un campo conceptual.
- El aprendizaje significativo depende de la captación de significados (Gowin, 1981), un proceso que supone una negociación de significados entre discente y docente y que puede ser largo. También es una ilusión pensar que una buena explicación, una clase “bien dada” y un alumno “aplicado” son condiciones suficientes para un aprendizaje significativo. El significado es la parte más estable del sentido y éste depende del dominio progresivo de situaciones-problema, situaciones de aprendizaje. En el caso del aprendizaje de conceptos, por ejemplo, Vergnaud (op.cit.) toma como premisa que son las situaciones-problema las que dan sentido a los conceptos y que la conceptualización va ocurriendo a medida que el aprendiz va dominando situaciones progresivamente más complejas, dentro de una dialéctica entre conceptos y situaciones.

Aprendizaje receptivo x aprendizaje por descubrimiento

Aprendizaje receptivo es aquél en el que el aprendiz “recibe” la información, el conocimiento, que va a ser aprendido en su forma final. Pero eso no significa que ese aprendizaje sea pasivo, ni que esté asociado a la enseñanza expositiva tradicional. La “recepción” del nuevo conocimiento puede ser, por ejemplo, a través de un libro, de una clase, de una experiencia de laboratorio, de una película, de una simulación computacional, de un modelado computacional, etc. Aprender receptivamente significa que el aprendiz no necesita descubrir para aprender. Pero eso no implica pasividad. Al contrario, el aprendizaje significativo receptivo requiere mucha actividad cognitiva para relacionar, interactivamente, los nuevos conocimientos con los ya existentes en la estructura cognitiva, incluyendo procesos de captación de significados, anclaje, diferenciación progresiva y reconciliación integradora.

Aprendizaje por descubrimiento implica que el aprendiz primeramente descubra lo que va a aprender. Pero, una vez descubierto el nuevo conocimiento, las condiciones para el aprendizaje significativo son las mismas: conocimiento previo adecuado y predisposición para aprender. Excepto en niños pequeños, el aprendizaje por descubrimiento no es condición para aprender de manera significativa. De modo general, no es necesario descubrir para aprender significativamente. Es un error pensar que el aprendizaje por descubrimiento implica aprendizaje significativo. Adultos, e incluso niños ya no tan pequeños, aprenden básicamente por recepción y por la interacción cognitiva entre los conocimientos recibidos, es decir, los nuevos conocimientos, y los ya existentes en la estructura cognitiva. Sería inviable para seres humanos aprender significativamente la inmensa cantidad de informaciones y conocimientos disponibles en el mundo actual si tuviesen que descubrirlos.

Pero decir que el aprendizaje humano es esencialmente receptivo, o decir que no es necesario descubrir para aprender, no significa estar en contra del aprendizaje por descubrimiento, que desde el punto de vista didáctico puede, por ejemplo, ser importante como motivador o más adecuado para facilitar ciertos aprendizajes, tales como procedimientos científicos.

También hay que tener claro que el aprendizaje por recepción y el aprendizaje por descubrimiento no constituyen una dicotomía. Así como hay un continuo entre aprendizaje mecánico y aprendizaje significativo, hay otro entre aprendizaje por recepción y aprendizaje por descubrimiento. Esto es, el conocimiento no está, necesariamente, construido o por recepción o por descubrimiento. Nuevamente ahí hay una “zona gris” entre los extremos del continuo. Determinados procesos de enseñanza-aprendizaje se situarán en distintas posiciones en ese continuo dependiendo, por ejemplo, del nivel de escolaridad en el que se está trabajando. En la enseñanza secundaria y superior predomina fuertemente el aprendizaje receptivo. Aun cuando la enseñanza esté centrada en el alumno, como se defiende hoy, el aprendizaje seguirá siendo receptivo. Enseñanza centrada en el alumno no es sinónimo de aprendizaje por descubrimiento. Aprendizaje por descubrimiento no lleva necesariamente al aprendizaje significativo. Aprendizaje receptivo no es lo mismo que aprendizaje mecánico. Hay que tener cuidado con ciertas asociaciones y falsas dicotomías y aprender a trabajar en la “zona gris”. El aprendizaje por descubrimiento dirigido, tan defendido por Bruner (1963), es un ejemplo de metodología que se sitúa en la zona intermedia entre la recepción y el descubrimiento. Puede ser muy adecuado para clases de laboratorio, por ejemplo.

La Figura 2 sugiere que diferentes estrategias de enseñanza/aprendizaje pueden ubicarse en distintas posiciones en un sistema de coordenadas formado por los ejes aprendizaje mecánico x significativo y aprendizaje receptivo x por descubrimiento.

Formas y tipos de aprendizaje significativo

Se puede distinguir entre tres *formas* de aprendizaje significativo: por *subordinación*, por *superordenación* y de modo *combinatorio*. Análogamente, se pueden identificar tres *tipos* de aprendizaje significativo: *representacional* (de representaciones), *conceptual* (de conceptos) y *proposicional* (de proposiciones).

El aprendizaje significativo recibe el nombre de *subordinado* cuando los nuevos conocimientos potencialmente significativos adquieren significados, para el sujeto que aprende, por un proceso de anclaje cognitivo, interactivo, en conocimientos previos relevantes más generales e inclusivos ya existentes en su estructura cognitiva.

Por ejemplo, si el aprendiz ya tiene una idea, una representación de qué es una escuela, el aprendizaje significativo de distintos tipos de escuela como escuela técnica, escuela abierta, escuela normal, escuela pública, y otros, serán aprendidos por anclaje y subordinación a la idea inicial de escuela. Pero, al mismo tiempo, como el proceso es interactivo, esa idea inicial se va modificando, haciéndose cada vez más elaborada, más rica y más capaz de servir de ancladero cognitivo para nuevos aprendizajes.

Supongamos ahora que el aprendiz no tuviese una idea más amplia, o el concepto, de escuela y fuese aprendiendo de modo significativo qué es una escuela pública, una escuela abierta, una escuela confesional, una escuela militar, etc. Este estudiante podría empezar a

hacer relaciones entre diferentes tipos de escuela, buscando semejanzas y diferencias y llegar, por medio de un razonamiento inductivo, al *concepto de escuela*. Éste sería un aprendizaje *superordenado*.

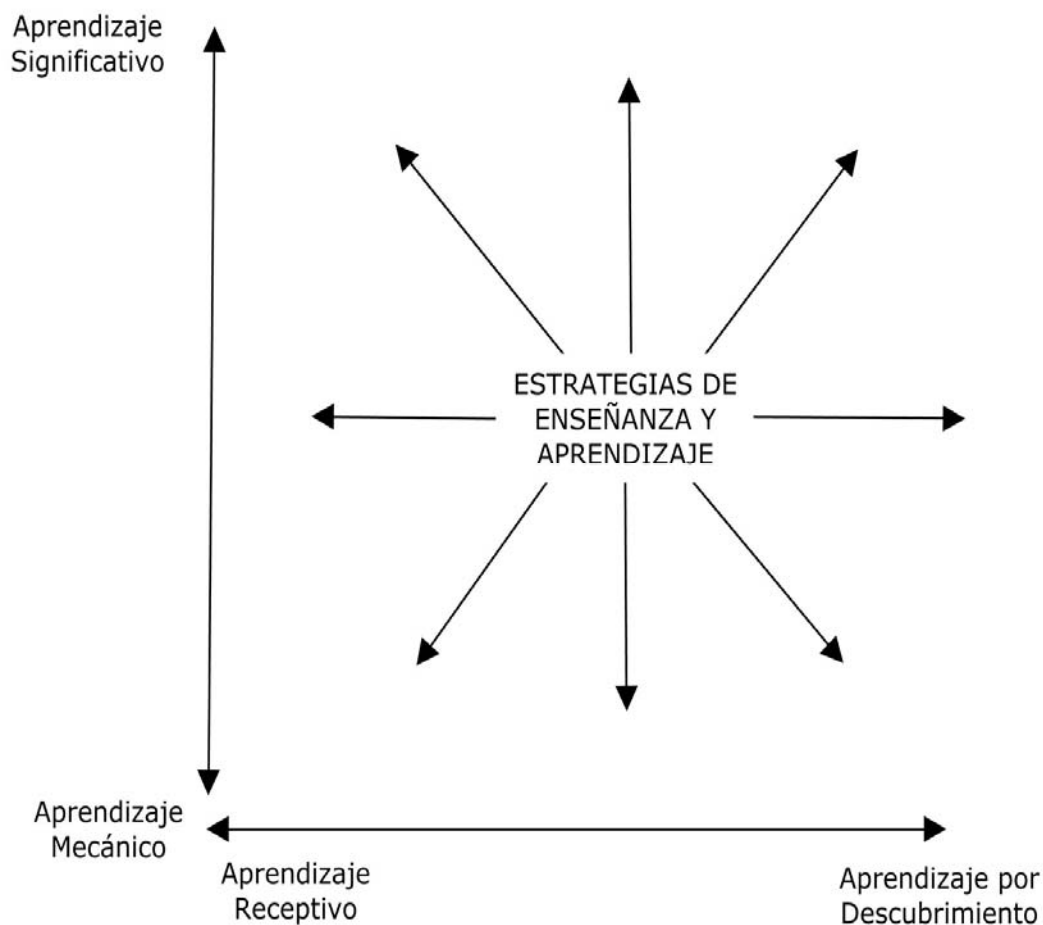


Figura 2. Un hipotético sistema de coordenadas formado por los ejes aprendizaje mecánico x aprendizaje significativo y aprendizaje receptivo x aprendizaje por descubrimiento.

El aprendizaje *superordenado* implica, entonces, procesos de abstracción, inducción, síntesis, que llevan a nuevos conocimientos que pasan a subordinar aquéllos que les dieron origen. Es un mecanismo fundamental para la adquisición de conceptos, como en el ejemplo dado.

As veces, sin embargo, el aprendizaje significativo no es ni subordinado (el más común) ni superordenado (más frecuente en la conceptualización). Es el caso en el que el significado es adquirido por interacción no con un determinado subsensor (conocimiento previo ya existente en la estructura cognitiva), sino con un conocimiento más amplio, una especie de “base cognitiva”, o” base subsensora”, que el sujeto ya tiene en determinado campo de conocimientos. Por ejemplo, para entender relaciones escuela-sociedad, o preguntas como “¿Qué escuela quiere la sociedad?”, probablemente, no es suficiente tener los conceptos de escuela y de sociedad. O, para entender el significado de ciertas fórmulas físicas o químicas, no basta tener los conceptos en ellas incluidos, es necesario un conocimiento más amplio de Física o Química.

Aprendizaje combinatorio es, entonces, una forma de aprendizaje significativo en la que la adquisición significativa de un nuevo conocimiento implica interacción con varios otros conocimientos ya existentes en la estructura cognitiva, pero no es ni más inclusiva ni más específica que los conocimientos originales. Tiene algunos atributos criterios, algunos significados comunes a ellos, pero no los subordina ni superordena.

En lo que se refiere a tipos de aprendizaje significativo, el más elemental, aunque el más fundamental, pues de él dependen los otros, es el *aprendizaje representacional*.

Aprendizaje representacional es el que tiene lugar cuando símbolos arbitrarios pasan a representar, en significado, determinados objetos o eventos en una relación unívoca, es decir, el símbolo significa apenas el referente que representa.

Por ejemplo, si para un niño la palabra mesa (un símbolo lingüístico) significa solamente la mesa de su casa, él no tiene aún el concepto de mesa, apenas una *representación*. Lo mismo vale para un adulto frente a eventos y objetos con relación a los cuales no identificó atributos y regularidades que definirían el concepto correspondiente.

Aunque el aprendizaje representacional sea próximo al aprendizaje mecánico, es significativo porque el símbolo significa un referente concreto. En el aprendizaje mecánico, la relación símbolo - objeto/evento es meramente asociativa, sin significado.

El aprendizaje representacional está muy relacionado con un segundo tipo de aprendizaje significativo, el *aprendizaje conceptual*, o de conceptos. Conceptos indican regularidades en eventos u objetos. Retomando el ejemplo de la mesa, cuando una persona tiene el *concepto* de mesa, el símbolo mesa representa una infinidad de objetos (no sólo uno como en el caso del aprendizaje representacional) con determinados atributos, propiedades, características comunes. Sin embargo, para llegar al concepto de mesa, probablemente, el sujeto pasó por representaciones de mesa. Por otro lado, una vez construido el concepto, pasa a ser representado por un símbolo, generalmente lingüístico.

El aprendizaje conceptual tiene lugar cuando el individuo por que está a cerca “sujeto” percibe regularidades en eventos u objetos, pasa a representarlos por determinado símbolo y ya no depende de un referente concreto del evento u objeto para dar significado a ese símbolo. Se trata, entonces, de un aprendizaje representacional de alto nivel.

Aunque la mente humana opere con conceptos, como representaciones de un nivel superior, no los maneja aisladamente, no logra atribuirles algún sentido si no los relaciona para exteriorizar sus ideas, de modo que las exprese verbalmente en términos de significados compuestos.

El tercer tipo, el *aprendizaje proposicional*, implica, pues, dar significado a nuevas ideas expresadas en la forma de una proposición. Los aprendizajes representacional y conceptual son prerrequisito para el aprendizaje proposicional, pero el significado de una proposición no es la suma de los significados de los conceptos y palabras que contiene.

El aprendizaje proposicional puede ser subordinado, superordenado o combinatorio. Análogamente, el aprendizaje conceptual puede ocurrir por subordinación, superordenación o combinación, relativos a conocimientos previos existentes en la estructura cognitiva. Eso

sugiere que las formas y tipos de aprendizaje significativo son clasificaciones plenamente compatibles.

Olvido y reaprendizaje

Como ya se destacó, el aprendizaje significativo no es aquél que el aprendiz nunca olvida. El olvido es una consecuencia natural del aprendizaje significativo; es lo que Ausubel llamaba asimilación obliteradora, o sea, la pérdida progresiva de la disociabilidad de los nuevos conocimientos con relación a los conocimientos que les dieron significado, que sirvieron de ancladero cognitivo.

Consideremos el siguiente esquema, donde **a** es un nuevo conocimiento (un concepto, una proposición, una fórmula, ...) y **A** un subsunor (un concepto, una proposición, una idea, un modelo, ...) específicamente relevante para el aprendizaje significativo de **a**:

*a interactúa con A generando un producto interaccional **a'A'** que es disociable en **a'+A'** durante la fase de retención, pero que progresivamente pierde disociabilidad hasta que se reduzca simplemente a **A'**, el subsunor modificado como consecuencia de la interacción inicial. Se ha producido, entonces, el olvido de **a'**, pero, en realidad, está obliterado en **A'**.*

Por lo tanto, a diferencia del aprendizaje mecánico, en el cual el olvido es rápido y prácticamente total, en el aprendizaje significativo, el olvido es residual, o sea, el conocimiento olvidado está “dentro” del subsunor, hay un “residuo” de él en el subsunor.

Cuando no usamos un conocimiento durante mucho tiempo, si el aprendizaje fue significativo tenemos la sensación (buena, tranquilizante) de que, si fuera necesario, podríamos reaprender ese conocimiento sin grandes dificultades, en un tiempo relativamente corto. Si el aprendizaje fue mecánico, la sensación (mala, de pérdida de tiempo en el pasado) es la de que ese conocimiento nunca fue aprendido, y que, en este caso, no tiene sentido hablar de reaprendizaje.

Al principio, la ventaja del aprendizaje significativo sobre el mecánico es la comprensión, el significado, la capacidad de transferencia a situaciones nuevas (en el aprendizaje mecánico el sujeto es capaz de trabajar solamente con situaciones conocidas, rutinarias). Más tarde, la ventaja está en la mayor retención y en la posibilidad de reaprendizaje (que prácticamente no existe cuando el aprendizaje es mecánico) en mucho menos tiempo que el aprendizaje original.

La facilitación del aprendizaje significativo

La teoría del aprendizaje significativo de Ausubel es una teoría sobre la adquisición, con significados, de cuerpos organizados de conocimiento en situación formal de enseñanza. Hace pocas décadas se diría en el “aula”. Hoy, en la era de las TICs, es mejor hablar de “situación formal de enseñanza” que puede ser en el aula (presencial) o en un ambiente virtual (a distancia).

En esa perspectiva, Ausubel tomó como premisa que si fuese posible separar una única variable como la que más influye en el aprendizaje ésta sería el conocimiento previo del aprendiz.

Varios son los factores que intervienen en el aprendizaje, pero si pudiésemos separar uno éste sería, más que cualquier otro, lo que el aprendiz ya sabe.

En el comienzo de este texto se dijo que son dos las condiciones para el aprendizaje significativo: 1) nuevos conocimientos (vehiculados por los materiales didácticos) potencialmente significativos y 2) predisposición para aprender. Pero la primera de esas condiciones es fuertemente dependiente del conocimiento previo del aprendiz, pues, si éste no existe, ningún nuevo conocimiento será potencialmente significativo. Sin embargo, la segunda condición también tiene que ver con el conocimiento previo, pues normalmente cuanto más domina el individuo significativamente un campo de conocimientos, más se predispone a nuevos aprendizajes en ese campo o en campos afines. En el caso del aprendizaje mecánico, ocurre lo inverso: cuanto más tiene el aprendiz que memorizar contenidos mecánicamente, más se predispone contra esos contenidos o disciplinas.

Resumiendo, el alumno aprende a partir de lo que ya sabe. La estructura cognitiva previa, o sea, los conocimientos previos (conceptos, proposiciones, ideas, esquemas, modelos, constructos, ...) jerárquicamente organizados, constituyen la principal variable que influye en el aprendizaje significativo de nuevos conocimientos.

Un corolario obvio de esta premisa es que cualquier intento de facilitar el aprendizaje significativo en situación formal de enseñanza debe tomar como punto de partida el conocimiento previo del alumno en el campo conceptual en cuestión.

Aunque sea evidente, no es esto lo que ocurre. La escuela, la enseñanza escolar, no está organizada de manera que se pueda tener en cuenta el conocimiento previo del alumno. La escuela cambiaría mucho si eso ocurriese. En palabras de Postmam y Weingartner (1969, p.62):

Podemos, a fin de cuentas, aprender solamente con relación a lo que ya sabemos. Contrariamente al sentido común, eso significa que si no sabemos mucho, nuestra capacidad de aprender no es muy grande. Esta idea - por sí sola - implica un gran cambio en la mayoría de las metáforas que dirigen políticas y procedimientos de las escuelas.

Una segunda premisa de la teoría del aprendizaje significativo es que el sujeto que aprende va diferenciando progresivamente y, al mismo tiempo, reconciliando integradamente, los nuevos conocimientos en interacción con los ya existentes. O sea, la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora son dos procesos simultáneos, característicos de la dinámica de la estructura cognitiva. A través de esos procesos, el aprendiz va organizando, jerárquicamente, su estructura cognitiva en un determinado campo de conocimientos. Jerárquicamente significa que algunos subsunsores son más generales, más inclusivos que otros, pero esa jerarquía no es permanente; a medida que tienen lugar los procesos de diferenciación progresiva y reconciliación integrativa, la estructura cognitiva se va alterando.

Si la diferenciación progresiva y la reconciliación integrativa, o integradora, son procesos fundamentales de la dinámica de la estructura cognitiva en el transcurso del

aprendizaje significativo, la facilitación de este aprendizaje en situaciones de enseñanza debería usarlos como principios programáticos de la materia de enseñanza.

Eso significa que el contenido curricular debería, inicialmente, estar organizado conceptualmente de manera que se puedan identificar las ideas más generales, más inclusivas, los conceptos estructurantes, las proposiciones-clave de lo que se va a enseñar. Ese análisis permitiría identificar lo que es importante y lo que es secundario, superfluo, en el contenido curricular.

Hecho eso, la enseñanza debería empezar con los aspectos más generales, más inclusivos, más organizadores, del contenido y, entonces, ir progresivamente diferenciándolos. No sería, sin embargo, un enfoque deductivo. Una vez introducidos los conceptos y proposiciones más generales e inclusivos, éstos deben, inmediatamente ser ejemplificados, trabajados en situaciones de enseñanza. A lo largo de todo el transcurso de una disciplina, por ejemplo, los contenidos generales y específicos deben ser trabajados en una perspectiva de diferenciación e integración, de manera que se baje y se suba, varias veces, en las jerarquías conceptuales. Tampoco es un enfoque inductivo. Son las dos cosas, diferenciación progresiva y reconciliación integradora, teniendo lugar, intencionalmente, al mismo tiempo, tal como sugiere la Figura 3.

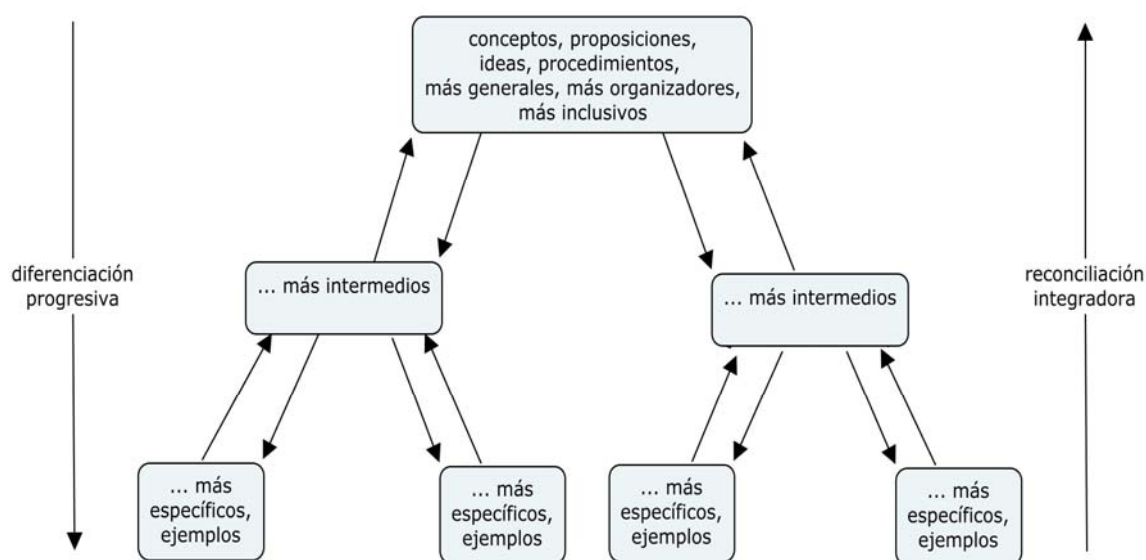


Figura 3. Un diagrama indicando que la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora son interdependientes y simultáneos tanto en la dinámica de la estructura cognitiva como en la enseñanza.

Sin embargo, no es lo que sucede normalmente en la enseñanza de cualquier disciplina en la escuela. Los contenidos están enumerados en un programa que es seguido linealmente, sin idas y vueltas, sin énfasis, y que debe ser cumplido como si todo fuese importante, o como si los aspectos más importantes tuviesen que quedarse para el final. El resultado de ese enfoque es, generalmente, aprendizaje mecánico.

Se observa, sin embargo, que empezar con lo que es más general, más inclusivo, en una disciplina no significa presentarlo en su forma final, formal, abstracta, sofisticada matemáticamente. Eso estaría contrariando la diferenciación progresiva, la reconciliación integrativa y tener en cuenta el conocimiento previo del alumno. En el caso de un contenido científico, por ejemplo, que esté organizado alrededor de dos o tres leyes científicas, el estudio de ese contenido debería empezar con esas leyes, pero desde un punto de vista fenomenológico y conceptual. Progresivamente, serían ejemplarizadas y modeladas matemáticamente, en niveles crecientes de complejidad, hasta alcanzar el nivel esperado en el contexto de la disciplina.

La gran mayoría de los libros didácticos no promueve la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora. Su organización es lineal, muchas veces cronológica, empezando con lo más simple y terminando con lo más complejo, o más difícil. Es una organización lógica, no psicológica. Desde el punto de vista cognitivo, el aprendizaje significativo será facilitado si el aprendiz tiene una visión inicial del todo, que es importante, entonces, para diferenciar y reconciliar significados, criterios, propiedades, categorías, etc.

Otro aspecto que generalmente se aborda cuando se habla de facilitación del aprendizaje significativo son los *organizadores previos*. Ausubel los propuso como recurso educativo para el caso en el que el alumno no tiene los subsunsores adecuados para dar significado al nuevo conocimiento.

Teniendo en cuenta que muchas veces ese tópico se ha considerado de manera simplista, como si sólo élfuese la propia teoría de Ausubel, se retoma aquí a título de aclaración y diferenciación progresiva.

No hay una definición precisa de qué es un organizador previo, y tampoco podría haberla, pues depende de cada caso. Serían materiales introductorios presentados en un nivel más alto de generalidad e inclusividad, formulados de acuerdo con conocimientos que tiene el alumno, que harían de puente cognitivo entre estos conocimientos y los que debería tener para que el material fuese potencialmente significativo. Por ejemplo, antes de introducir el concepto de campo gravitacional, se podría conducir una discusión sobre qué es un campo a partir del conocimiento cotidiano de los alumnos sobre el campo; o éstos podrían leer un texto bastante amplio sobre campos de un modo general (campo de conocimientos, campo psicológico, campo de trabajo, etc.); o, también, un aplicativo, una simulación, que sirviese para introducir el concepto de campo desde una perspectiva general, inclusiva. Como se dijo antes, no se puede definir con precisión si un determinado recurso educativo es o no un organizador previo, si va a funcionar o no.

Desde el punto de vista de la investigación cuantitativa, es fácil testar la eficacia de los organizadores: se seleccionan dos grupos aleatoriamente, con uno de ellos se usa el organizador, con el otro no, al final del tratamiento se hace un post-test y se compara el resultado. Después de mucha polémica – algunas investigaciones acusaban efecto de los organizadores en el aprendizaje, otras no – se llegó a la conclusión de que el efecto existe, pero es pequeño (Luiten et al, 1978).

Tal vez no fuesen necesarios muchos estudios para llegar a esa conclusión, pues si el aprendizaje significativo depende fuertemente, fundamentalmente, de la disponibilidad de conocimientos previos adecuados, difícilmente un recurso educativo podría sustituirlos cuando tal disponibilidad no existe. La solución obvia de ese problema es la construcción previa de los conocimientos necesarios. Obvia, pero difícil, si no imposible, dentro de un

enfoque tradicional de enseñanza articulada en el grupo - clase, centrada en el profesor, con un programa que debe ser cumplido, que promueve, en definitiva el aprendizaje mecánico.

Hay, sin embargo, otra situación en la cual los organizadores previos pueden ayudar mucho. Muchas veces, el alumno tiene conocimientos previos adecuados, pero no percibe la relacionabilidad y la discriminabilidad entre esos conocimientos y los nuevos que le están siendo presentados en las clases y en los materiales educativos. En ese caso, es imprescindible que se usen recursos educativos que muestren esa relacionabilidad y discriminabilidad, o sea, cómo los nuevos conocimientos se relacionan con los anteriores y cómo se diferencian de ellos. Volviendo a un ejemplo anterior, al introducir el concepto de campo en el Electromagnetismo, es recomendable retomar a través de un organizador previo, que puede ser una rápida recapitulación, el concepto de campo que los estudiantes ya tienen, es decir, el campo gravitacional, y llamar la atención para las semejanzas y diferencias entre campo en la Gravitación y campo en el Electromagnetismo; una de ellas es que en el primer caso la fuerza es siempre atractiva y en el segundo puede ser atractiva o repulsiva.

Además de la diferenciación progresiva, de la reconciliación integrativa y de los organizadores previos, Ausubel recomendaba también el uso de los principios de la organización secuencial y de la consolidación para facilitar el aprendizaje significativo.

El primero de ellos implica sacar ventaja de las dependencias secuenciales naturales existentes en la materia de enseñanza. Según Ausubel, es más fácil para el alumno organizar sus subsunores, jerárquicamente, si en la materia de enseñanza los tópicos están secuenciados en términos de dependencias jerárquicas naturales, o sea, de modo que ciertos tópicos dependan naturalmente de los que les anteceden.

La *consolidación* tiene que ver con el dominio de conocimientos previos antes de la introducción de nuevos conocimientos. Es una consecuencia inmediata de la teoría: si el conocimiento previo es la variable que más influye en la adquisición significativa de nuevos conocimientos, nada más natural que insistir en el dominio del conocimiento previo antes de presentar nuevos conocimientos. Es preciso, sin embargo, tener cuidado con ese principio. Aprendizaje para el dominio es una estrategia que fácilmente puede llevar al aprendizaje mecánico tan típico del enfoque behaviorista.

El aprendizaje significativo es progresivo, el dominio de un campo conceptual, un campo de situaciones, es progresivo, con rupturas y continuidades (Moreira, Caballero y Rodríguez, 2004) y puede llevar un tiempo relativamente grande. La consolidación ausubeliana no debe ser confundida con el aprendizaje para el dominio behaviorista. En el contexto del aprendizaje significativo, consolidación significa que no es inmediato y que ejercicios, resolución de situaciones-problema, clarificaciones, discriminaciones, diferenciaciones, integraciones, ... son importantes antes de la introducción de nuevos conocimientos.

Otro recurso extremadamente importante en la facilitación del aprendizaje significativo es el *lenguaje*. Tanto es así que en la primeras descripciones de la teoría, Ausubel usaba la terminología aprendizaje verbal significativo (*meaningful verbal learning*; Ausubel, 1963). El lenguaje está totalmente implicado en cualquiera y en todas las tentativas humanas de percibir la realidad (Postman y Weingartner, 1969, p.99). El aprendizaje significativo depende de la captación de significados que implica un intercambio, una negociación de significados, esencialmente dependiente a su vez, del lenguaje.

En un episodio de enseñanza y aprendizaje, el educador presenta a los alumnos los significados que son aceptados en el contexto de la materia de enseñanza y que ya domina. Presentar aquí no significa clase expositiva, ni pasividad por parte de los alumnos, los cuales deben “devolver” al docente los significados que están captando. Si estos significados no son los contextualmente aceptados en la materia de enseñanza, el profesor o profesora tendrá que presentarlos nuevamente, probablemente de otra manera, a los estudiantes. Éstos deben otra vez “devolverlos” al docente. Es decir, la captación de significados implica diálogo, negociación de significados. El alumno tiene que externalizar los significados que está captando. Ese proceso puede ser largo y sólo termina cuando el educando capta los significados que son aceptados en el contexto de la materia de enseñanza. En esa perspectiva³, propuesta por D.B. Gowin (1981), sólo hay enseñanza cuando hay captación de significados o, si se prefiere, sólo hay enseñanza cuando hay aprendizaje.

En ese proceso, profesor y alumno buscan compartir significados, que son los aceptados en un cierto contexto. Al presentar los significados, el profesor usa el lenguaje como vehículo de comunicación y de negociación, al devolver los significados que está captando, el alumno usa el lenguaje también como vía de expresión del proceso de aprendizaje que está desarrollando. Incluso en disciplinas como la Física y la Química, la enseñanza y el aprendizaje dependen del lenguaje. Es un error pensar, por ejemplo, que el lenguaje de la Física es solamente el formalismo matemático. El lenguaje verbal es igualmente importante para enseñar y aprender Física.

El ser humano vive en el lenguaje. Por tanto, el lenguaje es esencial en la facilitación del aprendizaje significativo. Las palabras son signos lingüísticos y de ellas dependemos para enseñar cualquier cuerpo organizado de conocimientos en situación formal de enseñanza, que es la propuesta subyacente a la teoría del aprendizaje significativo.

Estrategias e instrumentos facilitadores

En la sección anterior, se destacaron como variables importantes en la *facilitación* del aprendizaje significativo *el tener en cuenta el conocimiento previo del alumno*, la *diferenciación progresiva*, la *reconciliación integrativa*, la *organización secuencial* del contenido, la *consolidación*, el uso de *organizadores previos* que muestren la relacionabilidad y la discriminabilidad, ya comentada más atrás entre conocimientos previos y nuevos conocimientos y el *lenguaje* utilizado en el intercambio de significados.

Sin embargo, se podría hablar también de *estrategias e instrumentos* (didácticos) facilitadores del aprendizaje significativo. ¿Cuáles serían? Uno de ellos ya fue mencionado: el *organizador previo*. Otro instrumento muy frecuentemente asociado al aprendizaje significativo es el mapa conceptual. *Mapas conceptuales* (Novak y Gowin, 1984; Moreira, 2006) son diagramas conceptuales jerárquicos, que destacan conceptos de un cierto campo conceptual y relaciones (proposiciones) entre ellos⁴. Son muy útiles en la diferenciación

³ Esa perspectiva recuerda un enfoque vygotskyano o freireano del proceso de enseñanza aprendizaje, pero no se encuentran en el trabajo de Gowin referencias explícitas a Lev Vygotsky o Paulo Freire.

⁴ Hay que destacar aquí que los mapas conceptuales alcanzaron un status mucho más amplio que meramente el de facilitadores del aprendizaje significativo. Son aplicados en las más diversas áreas con distintas finalidades. Hay congresos internacionales de mapas conceptuales y existen aplicativos para la construcción de mapas conceptuales, entre los cuales destaca el CMap Tools (<http://cmap.ihmc.us/>).

progresiva, en la reconciliación integradora de conceptos y en la propia conceptualización. *Diagramas V* (Novak y Gowin, 1984 Gowin y Álvarez, 2005; Moreira 2006), instrumentos heurísticos que enfatizan la interacción entre el pensar (dominio conceptual) y el hacer (dominio metodológico) en la producción de conocimientos a partir de cuestiones centrales, son también considerados como facilitadores del aprendizaje significativo.

Las actividades colaborativas, presenciales o virtuales, en pequeños grupos tienen gran potencial para facilitar el aprendizaje significativo porque viabilizan el intercambio, la negociación de significados, y ponen al profesor en la posición de mediador. Pero eso no significa que una clase expositiva clásica no pueda facilitar el aprendizaje significativo. Es verdad que la enseñanza expositiva tradicional normalmente promueve el aprendizaje mecánico. Sin embargo, los mapas conceptuales, por ejemplo, también pueden incentivar el aprendizaje mecánico en la medida en la que haya un “mapa correcto” o un “mapa modelo” que el alumnado debe aceptar y memorizar. El mismo argumento vale para los diagramas V.

Lo que realmente tiene valor es el proceso de discusión y contraste entre iguales y con el docente, esto es, la realización colaborativa, conjunta, de la que el mapa conceptual o la V heurística que se presente no es más que un producto de la negociación de significados subyacente a la construcción de aprendizajes significativos.

Ciertas estrategias y ciertos instrumentos pueden tener mayor potencial facilitador del aprendizaje significativo, pero dependiendo de cómo se usen en situación de enseñanza pueden no promover tal aprendizaje. Cualquier estrategia, instrumento, técnica o método de enseñanza (o cualquier otra terminología) usado dentro de un enfoque comportamentalista del tipo cierto o equivocado, sí o no, inducirá el aprendizaje mecánico. Cualquier estrategia que implique “copiar, memorizar y reproducir” estimulará el aprendizaje mecánico.

La facilitación del aprendizaje significativo depende mucho más de una nueva postura docente, de una nueva directriz escolar, que de nuevas metodologías, incluso las modernas tecnologías de información y comunicación.

Evaluación del aprendizaje significativo

En el párrafo anterior se dijo que la facilitación del aprendizaje significativo depende mucho más de nuevas posturas, nuevas filosofías, que de nuevas metodologías. Tal vez se debiese añadir “sobre todo de nuevas maneras de evaluar”.

En el cotidiano escolar la evaluación es mucho más behaviorista que constructivista y determina en gran manera las prácticas docentes. El contexto (administradores escolares, padres, abogados, la sociedad en general) exige “pruebas” de que el alumno “sabe o no sabe”. Esa evaluación basada en el sabe o no sabe, en el cierto o equivocado, en el sí o no, es comportamentalista y habitualmente genera el aprendizaje mecánico, pues no entra en la cuestión del significado, de la comprensión, de la transferencia. Si el escolar sabe resolver un problema, sabe definir algo, sabe enumerar las propiedades de un sistema, está bien aunque no haya entendido el problema, la definición o el sistema.

La evaluación del aprendizaje significativo implica otro enfoque, porque lo que se debe evaluar es comprensión, captación de significados, capacidad de transferencia del conocimiento a situaciones no-conocidas, no rutinarias.

La propuesta de Ausubel es radical: para él, la mejor manera de evitar la simulación del aprendizaje significativo es proponerle al aprendiz una situación nueva, no familiar, que requiera máxima transformación del conocimiento adquirido.

No parece que sea ésta la mejor salida, pues, si el estudiante no está acostumbrado a enfrentar situaciones nuevas, no es adecuado proponerlas en el momento de la evaluación (sumativa, en ese caso). Estas nuevas situaciones deben ser propuestas progresivamente, a lo largo del proceso educativo. En ese caso, sería natural incluirlas en las evaluaciones.

Como se ha expuesto más de una vez a lo largo de este texto, el aprendizaje significativo es progresivo, de tal manera que gran parte del proceso tiene lugar en la zona gris, en la región del más o menos, donde el error es normal.

Por tanto, la evaluación del aprendizaje significativo debe ser predominantemente formativa y recursiva. Es necesario buscar evidencias de aprendizaje significativo, en lugar de querer determinar si ocurrió o no. Es importante la recursividad, o sea, permitir que el aprendiz rehaga, más de una vez si es el caso, las tareas de aprendizaje. Es importante que exteriorice los significados que está captando, que explique, que justifique, sus respuestas.

Sin duda, es bastante difícil la evaluación del aprendizaje significativo. Principalmente esto es así porque implica una nueva postura frente a la evaluación. Es mucho más simple la evaluación del tipo correcto o errado, pero el resultado es, en gran parte, aprendizaje mecánico.

Conclusión

Aprendizaje significativo no es una cosa nueva. La teoría de Ausubel es de los años sesenta (1963, 1968) y fue por él reiterada más recientemente en un nuevo libro nuevo (Ausubel, 2000). Novak contribuyó en la segunda edición de la obra de 1968 y escribió con Gowin un libro traducido a muchos idiomas (Novak y Gowin, 1984). Del autor de este texto hay publicaciones sobre la teoría del aprendizaje significativo desde 1982 (Moreira y Masini 1982, 2006; Moreira 1983; Moreira y Buchweitz, 1993; Moreira, 1999, 2000, 20005, 2006; Masini y Moreira, 2008; Valadares y Moreira, 2009).

En función de esa bibliografía, de congresos internacionales sobre aprendizaje significativo realizados en Cornell, USA (1992); Burgos, España (1997); Peniche, Portugal (2000); Maragogi, Brasil (2004); Madrid, España (2006) y de muchos artículos sobre la teoría, o usando la teoría como referente teórico, ha sido fácil detectar que ha habido una apropiación superficial y polisémica del concepto de aprendizaje significativo. Todo el aprendizaje pasó a ser significativo, todas las metodologías de enseñanza pasaron a tener como objetivo un aprendizaje significativo. Una trivialización del concepto.

No hubo, sin embargo, una apropiación de la teoría o de su filosofía subyacente. La escuela continúa fomentando el aprendizaje mecánico, el modelo clásico en el que el docente expone (en la pizarra o con *slides PowerPoint*), el estudiante copia (o recibe electrónicamente los *slides*), memoriza en la víspera de los exámenes, en los que reproduce conocimientos memorizados sin significado, o los aplica mecánicamente a situaciones conocidas, y los olvida rápidamente, continúa predominando en la escuela, aceptado sin cuestionamiento por parte de profesores, padres y alumnos, fomentado por los exámenes de ingreso en las

universidades y exaltado por los cursos preparatorios. Una enorme pérdida de tiempo. Los alumnos pasan años de su vida estudiando, según ese modelo, informaciones que serán olvidadas rápidamente.

Cuando llegan a la universidad, no tienen subsunsores para facilitar el aprendizaje de las disciplinas básicas; lo que se aprendió mecánicamente y sirvió para el examen de ingreso ya fue olvidado o “deletado”. Por otro lado, en la universidad el esquema es el mismo - copiar, memorizar, reproducir y olvidar - tal vez más exigente en la memorización mecánica y en la reproducción, generando altos índices de suspensos en disciplinas como, por ejemplo, Física y Cálculo.

Algunos educadores dicen que la teoría de aprendizaje significativo está superada porque fue formulada hace casi cincuenta años. Pero ¿cómo estaría superada si la escuela no es capaz de poner en práctica su premisa básica, o sea, tener en cuenta el conocimiento previo del alumno, partir de la idea de que el ser humano aprende a partir de lo que ya sabe? Decir que esa teoría está superada es huir del problema.

Pueden no aceptarse conceptos ausubelianos como diferenciación progresiva, reconciliación integradora y organizador avanzado. Sin embargo, el principio fundamental de que el conocimiento previo es la variable que más influye en la adquisición de nuevos conocimientos no puede ser ignorado y deja claro que esa teoría no puede considerarse como superada. Ésa es una proposición subyacente a cualquier teoría constructivista. Así como Ausubel habla de subsumidor, cada teoría constructivista tiene su constructo básico. En la de Piaget es *esquema de asimilación*; se podría decir entonces que el sujeto aprende, o construye nuevos esquemas, desde los esquemas ya construidos. En la de Kelly (1963) el elemento fundamental es el de *constructo personal*, de donde viene que el sujeto aprende, o construye nuevos constructos, desde los que ya había construido. En la de Jonson-Laird (1983), el constructo clave es el de *modelo mental*, del que se deriva que el sujeto construye nuevos modelos mentales desde la recursividad de modelos anteriores, desde primitivos conceptuales y desde la percepción. Vergnaud (1990) también utiliza el concepto de esquema, pero sus esquemas tienen invariantes operatorios que se constituyen en conocimiento implícito, teniendo éstos gran influencia en la construcción de nuevos esquemas y nuevos conceptos.

Por lo tanto, el concepto de aprendizaje significativo, como aquel en el cual nuevos conocimientos adquieren significados a través de la interacción con conocimientos específicamente relevantes ya existentes en la estructura cognitiva del aprendiz, es subyacente a otras teorías (Moreira, 1999). Como se acaba de ver en el párrafo anterior el conocimiento previo puede, por ejemplo, ser interpretado en término de esquemas de asimilación, constructos personales, modelos mentales, invariantes operatorios.

Sin embargo, teorías como las mencionadas en los párrafos anteriores están más volcadas hacia el desarrollo cognitivo, mientras que la del aprendizaje significativo, originalmente propuesta por David Ausubel, se ocupa más de la adquisición significativa de un cuerpo organizado de conocimientos en situación formal de enseñanza y aprendizaje. Por eso se ha descrito nuevamente aquí, con bastante detalle, con mucha relectura del autor y con la esperanza de que sensibilice a los profesores que, como él, están cansados del modelo tradicional que casi siempre promueve el aprendizaje mecánico.

Referencias

- Ausubel, D.P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune & Stratton.
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D.P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Ausubel, D.P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução do original *The acquisition and retention of knowledge* (2000).
- Bruner, J. (1973). *O processo da educação*. São Paulo: Nacional.
- Gowin, D.B. (1981). *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kelly, G. (1963). *A theory of personality - The psychology of personal constructs*. New York: W.W. Norton & Co.
- Luiten, J., Ames, W., Ackerson, G. (1978). A meta-analysis of the effect of advance organizers on learning and retention. *American Educational Research Journal*, 17(2): 211-8.
- Masini, E. A.F. e Moreira, M.A. (2008). *Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos*. São Paulo: Vetor Editora.
- Moreira, M.A. e Masini, E.A.F. (1982). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes.
- Moreira, M.A. (1983). *Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física*. Porto Alegre: Editora da Universidade.
- Moreira, M.A. e Buchweitz, B. (1993). *Novas estratégias de ensino e aprendizagem*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- Moreira, M.A. (1999). *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB.
- Moreira, M.A. (2000). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: Visor
- Moreira, M.A., Caballero S., C. y Rodríguez P., M.L. (2004). *Aprendizaje significativo: interacción personal, progresividad y lenguaje*. Burgos: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Burgos.
- Moreira, M.A. (2005) *Aprendizaje significativa crítica*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.
- Moreira, M.A. (2006) *Mapas conceituais e diagramas V*. Porto Alegre: Ed. do Autor.
- Moreira, M.A. e Masini, E.A.F. (2006). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. 2ª ed. São Paulo: Centauro Editora.
- Moreira, M.A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB.
- Novak, J.D. and Gowin, D.B. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.
- Novak, J.D. e Gowin, D. B. (1995). *Aprendendo a aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução do original *Learning how to learn*.

Postman, N. and Weingartner, C. (1969). *Teaching as a subversive activity*. New York: Dell Publishing Co.

Valadares, J. e Moreira, M.A. (2009). *A teoria da aprendizagem significativa: sua fundamentação e implementação*. Coimbra: Edições Almedina.

Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10 (23): 133-170.

ORGANIZADORES PREVIOS Y APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO¹ (Advanced organizers and meaningful learning)

Marco Antonio Moreira
Instituto de Física de la UFRGS
Caja Postal 15051, Campus
91501-970 Porto Alegre, RS
moreira@if.ufrgs.br
<http://moreira.if.ufrgs.br>

Resumen

Se proponen organizadores previos como recurso instruccional potencialmente facilitador del aprendizaje significativo, en el sentido de que sirvan de puentes cognitivos entre nuevos conocimientos y los ya existentes en la estructura cognitiva del aprendiz. Se dan varios ejemplos, particularmente en el área de ciencias.

Palabras-clave: organizadores previos, aprendizaje significativo, enseñanza de ciencias.

Abstract

Advanced organizers are proposed as an instructional resource potentially useful to facilitate meaningful learning, in the sense of providing cognitive bridges between new knowledges and those already existing in the learner's cognitive structure. Several examples are given, specially in the area of sciences.

Keywords: advanced organizers, meaningful learning, science teaching.

Aprendizaje significativo

Según Ausubel (1980, 2000), el factor separado más importante que influye en el aprendizaje es lo que ya sabe el aprendiz. Para él, aprendizaje significa organización e integración del nuevo material en la estructura cognitiva. Como otros teóricos del cognitivismo, parte de la premisa de que en la mente del individuo existe una estructura en la cual se procesan la organización y la integración: es la estructura cognitiva, entendida como el contenido total de ideas de un individuo y su organización, o el contenido y organización de sus ideas, en una determinada área de conocimiento.

Nuevas ideas e informaciones pueden ser aprendidas y retenidas en la medida en que conceptos, ideas o proposiciones relevantes e inclusivos estén adecuadamente claros y disponibles en la estructura cognitiva del individuo y funcionen, de esa forma, como “ancladero” para nuevas ideas, conceptos o proposiciones.

Sin embargo, esa experiencia cognitiva no se restringe a la influencia directa de los conocimientos ya aprendidos sobre el nuevo aprendizaje, sino que puede también abarcar modificaciones significativas en la estructura cognitiva preexistente. Hay, pues, un proceso de interacción, a través del cual conceptos más relevantes e inclusivos interactúan con la nueva información funcionando como “ancladero”, o sea, asimilando el nuevo material y, al mismo tiempo, modificándose en función de ese anclaje.

¹ *Revista Chilena de Educación Científica*, ISSN 0717-9618, Vol. 7, N°2, 2008, p. 23-30. Revisado em 2012.

Así, el *aprendizaje significativo* tiene lugar cuando nuevos conceptos, ideas, proposiciones interactúan con otros conocimientos relevantes e inclusivos, claros y disponibles en la estructura cognitiva, siendo por ellos asimilados, contribuyendo para su diferenciación, elaboración y estabilidad.

Por otro lado, contrastando con el aprendizaje significativo, Ausubel define *aprendizaje mecánico* como el aprendizaje de nuevas informaciones con poca o ninguna relación a conceptos relevantes existentes en la estructura cognitiva. En ese caso, el nuevo conocimiento es almacenado de manera arbitraria: no hay interacción entre la nueva información y la ya almacenada, dificultando, así, la retención. El aprendizaje de pares de sílabas sin sentido es un ejemplo típico de aprendizaje mecánico, sin embargo la simple memorización de fórmulas matemáticas, leyes y conceptos puede ser tomada también como ejemplo, aunque se pueda argumentar que en ese caso tiene lugar algún tipo de asociación (Moreira y Masini, 2006; Moreira 2011).

Suponiendo, entonces, que el aprendizaje significativo deba ser preferido con relación al aprendizaje mecánico y que éste presupone la existencia, en la estructura cognitiva, de conceptos, ideas, proposiciones relevantes e inclusivos que puedan servir de “ancladero”, ¿qué hacer cuando éstos no existen?

Precisamente ahí es donde entra, según Ausubel, la utilización de *organizadores previos* que sirvan de “ancladero provisional” para el nuevo aprendizaje y lleven al desarrollo de conceptos, ideas y proposiciones relevantes que faciliten el aprendizaje subsiguiente. El uso de organizadores previos es una estrategia propuesta por Ausubel para, deliberadamente, manipular la estructura cognitiva con el fin de facilitar el aprendizaje significativo.

Organizadores previos

Organizadores previos son materiales introductorios presentados antes del material de aprendizaje en sí. A diferencia de los sumarios que, de un modo general, son presentados al mismo nivel de abstracción, generalidad y amplitud, simplemente destacando ciertos aspectos del asunto, los organizadores son presentados a un nivel más alto de abstracción, generalidad e inclusividad.

Para Ausubel, la principal función del organizador previo es la de servir de puente entre lo que el aprendiz ya sabe y lo que él debía saber con el fin de que el nuevo material pudiera ser aprendido de forma significativa. O sea, organizadores previos son útiles para facilitar el aprendizaje en la medida en que funcionan como “puentes cognitivos”.

Los organizadores previos pueden tanto suministrar “ideas ancla” relevantes para el aprendizaje significativo del nuevo material, como establecer relaciones entre ideas, proposiciones y conceptos ya existentes en la estructura cognitiva y los contenidos en el material de aprendizaje, o sea, para explicitar la relación que existe entre los nuevos conocimientos y los que el aprendiz ya tiene pero no percibe que se pueden relacionar con los nuevos. En el caso de material totalmente no familiar, un organizador “expositivo”, formulado en términos de lo que el aprendiz ya sabe en otras áreas de conocimiento, debe ser usado para suplir la falta de conceptos, ideas o proposiciones relevantes para el aprendizaje de ese material y servir de “punto de anclaje inicial”. En el caso del aprendizaje de material relativamente familiar, se debe de usar un organizador “comparativo” para integrar y

discriminar las nuevas informaciones y conceptos, ideas o proposiciones, básicamente análogos, ya existentes en la estructura cognitiva.

Hay que destacar, sin embargo, que organizadores previos no son simples comparaciones introductorias, pues, a diferencia de éstas, los organizadores deben:

1 - identificar el contenido relevante en la estructura cognitiva y explicar la relevancia de ese contenido para el aprendizaje del nuevo material;

2 - dar una visión general del material en un nivel más alto de abstracción, destacando las relaciones importantes.

3 - proveer elementos organizacionales inclusivos que tengan en cuenta, más eficientemente, y destaquen mejor el contenido específico del nuevo material, o sea, proveer un contexto ideacional que pueda ser usado para asimilar significativamente nuevos conocimientos.

Ejemplos de organizadores previos

En verdad, es muy difícil decir si un determinado material es o no un organizador previo, pues eso depende siempre de la naturaleza del material de aprendizaje, del nivel de desarrollo cognitivo del aprendiz y de su grado de familiaridad previa con la tarea de aprendizaje.

Sin embargo, se presentará aquí, a título de ilustración, lo que algunos investigadores consideraron como organizadores previos en sus investigaciones.

En un estudio inicial, Ausubel (1960) trabajó con alumnos de un curso de Psicología Educacional de la Universidad de Illinois y el material de aprendizaje usado consistía en un texto que trataba de las propiedades metalúrgicas del acero-carbono. Como este material no era familiar para los alumnos, se utilizó un organizador, del *tipo expositivo*, que fue presentado en un nivel más alto de abstracción, generalidad e inclusividad que el propio material de aprendizaje posterior, donde se enfatizaron las principales diferencias y semejanzas entre metales y aleaciones metálicas, sus respectivas ventajas y limitaciones y las razones de fabricación y uso de aleaciones metálicas. Este material tenía la finalidad de suministrar anclaje para el texto subsiguiente y relacionarlo a la estructura cognitiva de los alumnos.

Ausubel y Fitzgerald (1961) trabajaron también con estudiantes de un curso de Psicología Educacional de la Universidad de Illinois con un texto sobre el budismo. Como los alumnos ya tenían algún conocimiento sobre el cristianismo, fue utilizado un *organizador comparativo* que apuntaba explícitamente las principales diferencias y semejanzas entre el budismo y el cristianismo. Esta comparación fue realizada en un nivel más alto de abstracción, generalidad e inclusividad que en el material de aprendizaje y tenía la finalidad de aumentar la diferenciación entre estos dos grupos de conceptos.

Ronca (1976) trabajó con alumnos universitarios de facultades de Matemáticas y Física utilizando un material de aprendizaje que constaba de un texto sobre cambios de comportamiento. Una vez que el contenido de este texto era casi totalmente no familiar para los alumnos, se construyeron organizadores previos expositivos con base en un asunto ya

familiar para ellos: el péndulo simple. Como el material de aprendizaje analizaba el comportamiento humano en términos de las variables causa y efecto, los organizadores introdujeron estos conceptos utilizando el ejemplo del péndulo. Se trabajaron relaciones de causa y efecto, en el movimiento pendular, del tipo que acontecen con el periodo y la frecuencia variando la masa y/o la largura del péndulo.

Eggen, Kauchak y Harder (1979) propusieron un ejemplo de organizador previo que podría ser utilizado para iniciar un estudio sobre sistemas de ríos. Presentaron una situación en la que los aprendices probablemente aún no habrían tenido oportunidad de analizar la importancia de los ríos y sugirieron que, antes de iniciar este estudio, fuese introducido un organizador previo comparando los sistemas de ríos con otro importante sistema, el sistema circulatorio, supuestamente ya conocido por los aprendices. Así, sería usado, como organizador, el siguiente texto.

Un sistema de ríos es tan importante para los otros elementos del ambiente físico como el sistema circulatorio lo es para el cuerpo humano. Tienen algunas características en común. Un gran río, tal como el Río Mississippi, suministra la “sangre de la vida” – agua – para plantas y animales, así como para la agricultura e industrias hidroeléctricas, justamente como la aorta, siendo la arteria principal, lleva sangre a las partes del cuerpo. Además de agua, lleva también muchas fuentes de alimentos para plantas y animales. En este aspecto, los ríos se parecen a las arterias de nuestro cuerpo que transportan nutrientes para diferentes partes del cuerpo. Son como venas cuando llevan productos inútiles para el mar. Sin embargo, un sistema de ríos difiere del sistema circulatorio en el aspecto de que tanto el suministro de alimentos como los elementos inútiles son transportados en un único canal. Otra semejanza es que, como vasos capilares, afluentes alimentan el río. Por tanto, como sistema circulatorio, el sistema de ríos funciona como cargador de fuentes de energía y como transportador de productos inútiles.

Así como el hombre puede hacer mal uso del sistema circulatorio, puede también hacer mal uso de un sistema de ríos. Cuando el río carga muchos residuos, empieza a obstruirse, exactamente como una vena o arteria puede ser obstruida. Fábricas a lo largo de ríos, erosión del suelo causada por métodos de agricultura o prácticas forestales inadecuadas son las principales causas de obstrucción. Asimismo, productos químicos, fertilizantes e insecticidas usados por agricultores han causado una alteración en la vegetación a lo largo de los ríos. Como en el sistema circulatorio, estos daños, a veces, no pueden ser reparados y, cuando esto es posible, consumen mucho tiempo (p.263).

Antes de pasar al ejemplo siguiente, es necesario establecer la diferencia entre organizadores y pseudo-organizadores previos. Para Ausubel (1980), organizadores previos verdaderos son los destinados a facilitar el aprendizaje significativo de tópicos específicos, o serie de ideas estrechamente relacionadas. Los materiales introductorios utilizados para facilitar el aprendizaje de varios tópicos (por ejemplo, capítulos o unidades de estudio) se denominan *pseudo-organizadores previos*.

Sousa (1980) utilizó una serie de 13 pseudo-organizadores previos destinados a facilitar el aprendizaje de 13 unidades de contenido de Electricidad y Magnetismo. El primero de esos textos además de servir como pseudo-organizador para la primera unidad se destinaba también a funcionar como pseudo-organizador previo para todo el curso. Cada uno de estos

materiales era presentado como “Introducción” del guión de estudio de la unidad correspondiente.

A pesar de que se dieron varios ejemplos de organizadores previos, hay que registrar que en la gran mayoría de los artículos de investigación sobre el asunto no se encuentran ejemplos de los organizadores utilizados, y sí pequeñas descripciones sobre cómo fueron contruidos. También hay que destacar que, aunque todos los ejemplos dados hayan consistido en textos introductorios, la definición de organizador previo no implica que el mismo sea necesariamente un texto de ese tipo; puede ser una película, una discusión, una frase, una dramatización. Mayer (1978), por ejemplo, utilizó como organizador una tabla 4 x 4 de células en blanco, donde las filas fueron identificadas con los nombres de cuatro atributos de cuatro países imaginarios y las columnas fueron identificadas con los nombres de estos países. Supuestamente, esta tabla, que el sujeto tenía oportunidad de ver durante 60s, podría ayudar a organizar (y almacenar) la información subsiguiente que presentaba cada país en términos de los atributos.

Se presentan a continuación ejemplos más recientes de organizadores previos, elaborados por estudiantes de postgrado, del área de la Farmacia y de la Biología, al estudiar la disciplina de metodología de la enseñanza superior.

Organizador previo: mayonesa y su preparación²

Destinatarios: alumnos de la facultad de Farmacia, en la disciplina de Farmacotécnica; clase sobre Tecnología de Obtención de Emulsiones.

Objetivo del organizador: propiciar una interacción entre conceptos nuevos con los ya existentes en la estructura cognitiva de los alumnos, buscando, de esa forma, un aprendizaje significativo. Más específicamente, utilizar el concepto de un elemento culinario, *mayonesa* (así como su preparación), que sirva como “ancladero provisional” para el aprendizaje significativo de un nuevo concepto, *emulsión* (y su forma de preparación).

Descripción del organizador previo: la mayonesa es un alimento muy conocido y consumido, estando presente en varios platos de culinaria. Su vasta utilización y consumo se deben, en parte, a su facilidad de producción y obtención. La mayonesa es producida mezclando huevos y añadiéndoles, en velocidad de agitación y adición constantes, el aceite. Se forma una crema que indica el final del proceso. De esa forma, se observa que la preparación es simple, rápida y eficiente y, siempre que se tengan algunos cuidados, la mayonesa será obtenida con facilidad.

La interacción cognitiva tendrá lugar cuando el alumno se dé cuenta de que la mayonesa es una emulsión y, por lo tanto, la manera de producir una emulsión es semejante al modo de preparación de una mayonesa. De esta forma, a través del organizador previo se está introduciendo el concepto de emulsión, nuevo para la gran mayoría de los alumnos y, conjuntamente, nociones básicas, pero fundamentales, de la forma de preparación de emulsiones.

² Bárbara Spaniol, Cíntia Forchesatto e Julia Carini, *Bases Teóricas e Metodológicas para Ensino Superior*, Instituto de Física, UFRGS, 2006.

Organizador previo: discusión dirigida con alumnos, enfocando determinadas preguntas³.

Conocimiento previo de los alumnos: conocimiento empírico sobre productos o marcas que remitan a la idea de calidad.

El organizador previo: buscar la opinión de los alumnos con relación a ciertas cuestiones.

1) ¿Cuál es la principal referencia que se hace cuando son mencionadas las marcas *Ferrari, Sony, Brastemp o Nike*?

2) ¿Qué debe tener y cómo debe ser un producto o servicio para ser considerado de calidad?

3) ¿Qué garantiza la calidad de un producto o servicio?

4) ¿Cómo mejorar la calidad de un producto o servicio?

5) ¿Qué se entiende por certificado ISO?

A partir de las respuestas de los alumnos, iniciar la explicación sobre el control de calidad de medicamentos, enfatizando qué es el control de calidad, las acciones del control de calidad en una empresa farmacéutica, cómo asegurar la calidad del producto, qué son las buenas prácticas de fabricación y las normas ISO. Se trata de una clase introductoria que se espera que funcione como pseudo-organizador previo para el contenido *control de calidad de medicamentos*.

Organizador previo: almacenamiento de medicamentos⁴

Asunto: cuidados básicos e importancia en el almacenamiento de medicamentos.

Organizador previo: sería suministrado un cuestionario con preguntas sobre el almacenamiento de medicamentos en la casa de cada alumno. Este cuestionario debía ser respondido por cada alumno para que, en la clase siguiente, fuesen discutidas las respuestas, para entonces introducir el asunto de la clase.

Función del organizador: los alumnos, al responder el cuestionario y discutir las respuestas dadas, harían un puente entre el conocimiento previo que tenían hasta entonces sobre el almacenamiento de medicamentos y el nuevo conocimiento potencialmente significativo.

Modelo de cuestionario:

¿Cómo son almacenados los medicamentos en su casa?

³ Juliana Sippel, *Bases Teóricas e Metodológicas para o Ensino Superior*, Instituto de Física - UFRGS, 2006.

⁴ Julia Menegola, *Bases Teóricas e Metodológicas para o Ensino Superior*, Instituto de Física -UFRGS, 2006.

- | | | |
|------------------------------------|--------|--------|
| 1) En armarios cerrados. | Sí () | No () |
| 2) En el cuarto de baño. | Sí () | No () |
| 3) En la cocina. | Sí () | No () |
| 4) Lejos del alcance de los niños. | Sí () | No () |
| 5) Dentro de su respectiva cajita. | Sí () | No () |
| 6) Con el prospecto. | Sí () | No () |
| 7) En la bolsa. | Sí () | No () |

Organizador previo: palomitas con chocolate⁵

Objetivo y destinatarios: este organizador previo deberá servir para la explicación del método de granulación por vía húmeda por disgregación con aglutinante disperso en el líquido de granulación. Será utilizado con alumnos graduados en Farmacia, que cursan postgrado con énfasis en Industria y que ya poseen conocimiento previo de la metodología de la granulación. Este método será comparado a la preparación de palomitas con almíbar de chocolate.

El organizador: palomitas en una olla están en agitación. Cuando se le añade el almíbar de chocolate a las palomitas y se mezclan, el almíbar hace que las palomitas se peguen unas a otras, originando aglomerados de palomitas. Enseguida, tiene lugar la solidificación del almíbar de chocolate en los aglomerados. Algunos aglomerados de palomitas serán más grandes que otros. Entonces, hay que despegar manualmente esos aglomerados, de modo que todos se queden aproximadamente del mismo tamaño, aunque todos serán más grandes que el grano de palomita original.

Se debe de hacer una comparación con la preparación de palomitas (serían las partículas de la mezcla de los polvos que formarán los granulados) con almíbar de chocolate (sería la dispersión del aglutinante en el líquido de granulación) y el método de granulación por vía húmeda por disgregación que consiste en 6 etapas: mezcla seca de los polvos; mojadura de la mezcla; formación de la masa aglomerada; división de los aglomerados; secado del líquido de granulación; calibración de los granulados.

Organizador previo para el estudio de la Taxonomía⁶

La parte de la Biología que trata de la clasificación de los seres vivos es la Taxonomía. Es común dividirla en Taxonomía Zoológica y Taxonomía Botánica. La clasificación de los seres vivos engloba siete categorías que son:

⁵ Roberta Hansel de Moraes, *Bases Teóricas e Metodológicas para o Ensino Superior*, Instituto de Física - UFRGS, 2006.

⁶ Débora Evangelista, *Bases Teóricas e Metodológicas para o Ensino Superior*, Instituto de Física - UFRGS, 2006.

Reino	→	conjunto de todos los filos
Filo	→	agrupamiento de clase
Clase	→	agrupamiento de orden
Orden	→	agrupamiento de familia
Familia	→	agrupamiento de género
Género	→	agrupamiento de especie
Especie	→	agrupamiento de individuos con profundas semejanzas, que muestran acentuadas semejanzas bioquímicas, idéntico cariotipo y capacidad de reproducción entre sí, originando nuevos descendientes fértiles y con el mismo cuadro general de caracteres.

Como organizador previo serán distribuidos botones con varias características y la tarea de los alumnos será agrupar los botones en categorías, que van de las características más generales a las más específicas; las más específicas equivalen a las “especies” de los botones. Los botones podrán ser agrupados por tamaño, color, material, función, forma, etc.

Esta actividad de agrupación de botones deberá facilitar la comprensión y el uso de claves de identificación y clasificación de los seres (claves dicotómicas). Las claves (dicotómicas) son instrumentos de identificación muy usados en la Zoología y en la Botánica.

Organizador previo para el concepto de entropía⁷

La entropía está íntimamente relacionada a las ideas de orden y desorden cuando éstas son definidas en términos de probabilidad de que ocurra una determinada distribución estadística para un conjunto de elementos.

Entonces, en una situación de enseñanza, antes de presentar ese concepto, se podría utilizar el siguiente organizador previo en una disciplina de Física básica:

Supongamos que una camada de arenisco blanco es colocada en una jarra y sobre ella es colocada otra camada de arenisco negro. Sacudiendo suficientemente la jarra, es de esperar que con el tiempo la arena blanca se mezcle con la negra y la mezcla pase a tener color gris. Sin embargo, por más que se sacuda la jarra, es altamente improbable que se consiga obtener nuevamente la distribución inicial, es decir, las dos capas separadas de arena blanca y negra. ¿Por qué? La respuesta estadística es que los granos de arena pueden mezclarse de millones de maneras más que las posibilidades de que se distribuyan de la manera inicial en dos capas distintas. La disposición ordenada inicial (dos capas distintas) se desordenó durante el proceso de sacudir la jarra (lo cual da movimiento aleatorio a los granos de arena); la distribución menos probable fue suplantada por otra más probable. Sin embargo, no se está diciendo que si continuase sacudiendo la jarra no se podría, después de un largo período de tiempo, reproducir la disposición ordenada inicial de dos capas distintas; se está diciendo solamente que es altamente improbable: cuanto mayor sea el número de granos de arena en el conjunto (mezcla), más improbable es que se reproduzca el orden original. Consideremos ahora un conjunto pequeño: una baraja de cartas que cuando era nueva estaba

⁷ Moreira, M.A. (1998). Energía, entropía e irreversibilidad. Porto Alegre, Instituto de Física, UFRGS, *Textos de Apoyo al Profesor de Física*, n° 9.

separada por naipes (por tanto, ordenada), si se baraja, se desordena durante el proceso. La probabilidad de reproducir el orden original, a pesar de ser un conjunto pequeño, es aún suficientemente grande como para que eso ocurra ocasionalmente. De vez en cuando en una rodada de bridge ocurre que cada jugador recibe 13 cartas del mismo naipe. Sin embargo, al considerar conjuntos grandes, es muy poco probable que eso ocurra. Por ejemplo, al considerar conjuntos de moléculas se están manejando números extremadamente grandes. El número de moléculas en 1 cm^3 de gas es superior a 10^{19} , lo cual es mayor que la suma de todos los granos de arena de todas las playas del mundo. Si conectamos dos recipientes, uno de los cuales está lleno de gas y el otro completamente vacío, el gas, a través del movimiento aleatorio de sus moléculas, rápidamente ocupará también el espacio existente en el recipiente inicialmente vacío. Teóricamente, debido al hecho de que el movimiento aleatorio de las moléculas continúa, es posible que en el futuro todas ellas vuelvan al recipiente donde estaban, dejando el otro vacío. No existe nada en la mecánica newtoniana que lo impida, sin embargo, la probabilidad estadística contra eso es tan grande que, en la práctica, se considera imposible que ocurra (Moreira, 1998, pp.8-9).

La medida de la tendencia que tienen grandes conjuntos de elementos en movimiento aleatorio a ir de una configuración menos probable (ordenada) para una más probable (más desordenada) es llamada de *entropía*, pudiendo definirla, entonces, operacionalmente como una medida del grado de desorden de un sistema. Un sistema ordenado tendría baja entropía, mientras que un sistema desordenado tendría alta entropía.

Las situaciones propuestas deberían ser presentadas y discutidas con los alumnos haciendo puente cognitivo, mostrando la relación que hay entre los conocimientos que ellos tienen (mezclar y separar cosas, orden y desorden) y el nuevo concepto físico a ser trabajado.

Organizadores previos “tipo situación” tienen gran potencial para facilitar la conceptualización, pues, como dice Verganud (1990), *son las situaciones las que le dan sentido a los conceptos*.

Conclusión

A título de conclusión de este texto sobre organizadores previos, cuyo objetivo era sugerirlos como recurso instruccional potencialmente facilitador del aprendizaje significativo, se llama la atención para los siguientes puntos:

- La utilización de organizadores previos es sólo una estrategia propuesta por Ausubel para manipular la estructura cognitiva con el fin de facilitar el aprendizaje significativo. El aspecto central de la teoría de Ausubel es la propia idea de aprendizaje significativo, no el uso de organizadores previos. La confusión existente entre la teoría de Ausubel y organizadores previos, hasta el punto de parecer una única cosa, refleja el desconocimiento de la teoría.

- Materiales introductorios contruidos con la finalidad de facilitar el aprendizaje de *varios* tópicos son, en el fondo, pseudo-organizadores (Sousa, 1980), pues en la concepción ausubeliana, organizadores previos verdaderos se destinan a facilitar el aprendizaje de tópicos específicos o de ideas estrechamente relacionadas.

- En la medida en la que el uso de organizadores previos facilita el aprendizaje significativo, el cual, a su vez, modifica la estructura cognitiva del aprendiz, haciéndola más capaz de asimilar y retener informaciones subsiguientes, profesores y especialistas deberían procurar utilizar esta estrategia al preparar clases y textos didácticos. En una clase, por ejemplo, se facilitaría el aprendizaje si el profesor empezase con una visión general, en nivel de abstracción más alto, del contenido a ser estudiado, procurando hacer el “puente” entre lo que el alumno ya sabe y lo que necesita saber para aprender significativamente el contenido de clase. Por otro lado, en un texto, la utilización de un pseudo-organizador para cada capítulo podría presentar ventajas, pues le daría al aprendiz una visión general del asunto antes de confrontarse con material más detallado y presentaría elementos inclusivos que pudiesen servir de “ancladero” para asimilar los conceptos contenidos en el capítulo.

- Fueron realizadas muchas investigaciones buscando evidencias sobre el efecto facilitador de los organizadores previos, generando, incluso, bastante polémica sobre su eficacia como puente entre lo que el aprendiz sabe y lo que debía saber para que los materiales instruccionales fuesen potencialmente significativos. En un estudio de revisión de la literatura abarcando 135 investigaciones, incluyendo 76 tesis de doctorado, sobre organizadores previos, Luiten et al. (1978) concluyeron que, de hecho, con esa función, tales recursos tienen un efecto facilitador en el aprendizaje y retención del conocimiento, sin embargo, *este efecto generalmente es pequeño*. Así, los organizadores previos deberían ser usados, sobre todo, para explicitarle al aprendiz la relación entre su conocimiento previo y el nuevo conocimiento, o sea, entre lo que él sabe, pero no percibe que está relacionado con el nuevo conocimiento. Sería otro tipo de puente cognitivo, probablemente mucho más útil que el que, en principio, supliría la falta de conocimiento previo adecuado.

- El conocimiento previo del alumno puede estar obliterado. La asimilación obliteradora es una continuidad natural de la asimilación (aprendizaje subordinado). Organizadores previos pueden ser usados para “rescatar”, “activar”, “recuperar” ese conocimiento obliterado. Es posible también que el profesor sepa, por su experiencia, que el alumno no percibirá fácilmente que el nuevo material de aprendizaje está relacionado con conocimientos previos significativos existentes en su estructura cognitiva. Ciertamente, organizadores previos podrán ayudar mucho en la percepción de esa relación.

- Por último, cabe reiterar que organizadores previos son materiales instruccionales utilizados *antes* de los materiales de aprendizaje en sí, siempre en un nivel más elevado de abstracción, generalidad, inclusividad. Pueden ser un enunciado, un párrafo, una pregunta, una demostración, una película, una simulación e incluso una clase que funcione como pseudo-organizador para toda una unidad de estudio o, también, un capítulo que se proponga a facilitar el aprendizaje de otros en un libro. No es la forma lo que importa, sino la función de esa estrategia instruccional llamada organizador previo.

Referencias

- Ausubel, D.P. & Fitzgerald, D. (1961). The role of discriminability in meaningful verbal learning and retention. *Journal of Educational Psychology*, 52(5); 266-74.
- Ausubel, D.P.; Novak, J.D.; Hanesian, J. (1980). *Psicología educacional*. Rio de Janeiro, Interamericana.

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

Engen, P.D.; Kauchak, D.P.; Harder, R.J. (1979). *Strategies for teachers*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall.

Luiten, J., Ames, W. & Ackerson, G. (1978). A meta-analysis of the effect of advance organizers on learning and retention. *American Education Research Journal*, 17(2): 211-8.

Mayer, R.E. (1978). Advance organizers that compensate for the organization of text. *Journal of Educational Psychology*, 70 (6): 880-6.

Moreira, M.A. (1998). Energia, entropia e irreversibilidade. Instituto de Física da UFRGS, Porto Alegre, *Textos de Apoio ao Professor de Física*, nº9.

Moreira, M.A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília, Editora da UnB.

Moreira, M.A. (2011). *Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo, Editora Livraria da Física.

Moreira, M.A. & Masini, E.A.F.S. (2006). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo, Centauro. 2ª ed.

Ronca, A.C.C. (1976). *O efeito de organizadores prévios na aprendizagem significativa de textos didáticos*. Dissertação de Mestrado. São Paulo, Pontifícia Universidade Católica.

Sousa, C.M.S.G. (1980). Pseudo-organizadores prévios como recursos instrucionais no ensino de Física. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10 (12): 133-170

MAPAS CONCEPTUALES Y APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO¹

(Concept maps and meaningful learning)

Marco Antonio Moreira
Instituto de Física, UFRGS
Caixa Postal 15051, Campus
91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil
<http://moreira.if.ufrgs.br>

Resumen

Mapas conceptuales son propuestos como una estrategia potencialmente facilitadora de un aprendizaje significativo. Asimismo, su fundamentación teórica es presentada y ejemplos son dados, particularmente en el área de las ciencias.

Palabras-clave: mapas conceptuales, aprendizaje significativo, enseñanza de las ciencias.

Abstract

Concept maps are proposed as a strategy potentially useful to facilitate meaningful learning. In addition, its theoretical background is presented and some examples are given, specially in the area of sciences.

Keywords: concept maps, meaningful learning, science teaching.

Qué son los mapas conceptuales

De una manera general, los mapas conceptuales, o mapas de conceptos, son sólo diagramas que indican relaciones entre conceptos, o entre palabras que usamos para representar conceptos. Las figuras 1 y 2 muestran dos de esos diagramas, uno en el área de Ciencias y otro, más específico, en Biología.

Aunque normalmente tengan una organización jerárquica y muchas veces incluyan flechas, estos diagramas no deben ser confundidos con organigramas o diagramas de flujo, pues no implican secuencia, temporalidad o direccionalidad, ni tampoco jerarquías “organizacionales” o de poder. Los mapas conceptuales son diagramas de significados, de relaciones significativas; en todo caso, de jerarquías conceptuales. Eso los diferencia también de las redes semánticas que no necesariamente se organizan por niveles jerárquicos y que no necesariamente incluyen sólo conceptos. Mapas conceptuales tampoco deben ser confundidos con mapas mentales los cuales son libres, asociacionistas, no se ocupan de relaciones entre conceptos, incluyen cosas que no son conceptos y no son organizados jerárquicamente.

Muchas veces se utilizan figuras geométricas – elipses, rectángulos, círculos – al trazar los mapas de conceptos, pero estas figuras son, en principio, irrelevantes. El uso de figuras puede estar vinculado a determinadas reglas como, por ejemplo, la de que los conceptos más generales, mas abarcativos, deben estar dentro de elipses y que los conceptos más específicos,

¹ Adaptado y actualizado, en 1997, de un trabajo con el mismo título publicado en portugués en O ENSINO. Revista Galáico Portuguesa de Sócio Pedagogia y Sócio-Lingüística, Pontevedra/Galicia/España y Braga/Portugal, Nº 23 a 28: 87-95, 1988. Republicado en portugués en *Cadernos do Aplicação*, Porto Alegre, 11(2): 143-156, 1998. Traducción de Ileana María Greca. Revisado y actualizado en 2005. Publicado en español en la *Revista Chilena de Educación en Ciencias*, 4(2): 38-44, 2005. Revisado otra vez en 2012.

dentro de rectángulos. Sin embargo, en principio, las figuras geométricas no significan nada en un mapa conceptual. Tampoco significan nada la extensión y la forma de las líneas que unen los conceptos en uno de esos diagramas, a no ser que estén asociadas a ciertas reglas. El hecho de que dos conceptos estén unidos por una línea es importante porque significa que para quien hizo el mapa existe una relación entre esos conceptos, pero el tamaño y la forma de esa línea son, *a priori*, arbitrarios.

Los mapas conceptuales pueden seguir un modelo jerárquico en el que los conceptos más inclusivos están en el tope de la jerarquía (parte superior del mapa) y los conceptos específicos, poco abarcativos, están en la base (parte inferior del mapa). Pero ése es simplemente un modelo. Los mapas conceptuales no precisan tener ese tipo de jerarquía. Por otro lado, siempre debe quedar claro en el mapa cuáles son los conceptos contextualmente más importantes y cuáles los secundarios o específicos. Las flechas pueden utilizarse para dar una idea de dirección a determinadas relaciones conceptuales, pero no obligatoriamente.

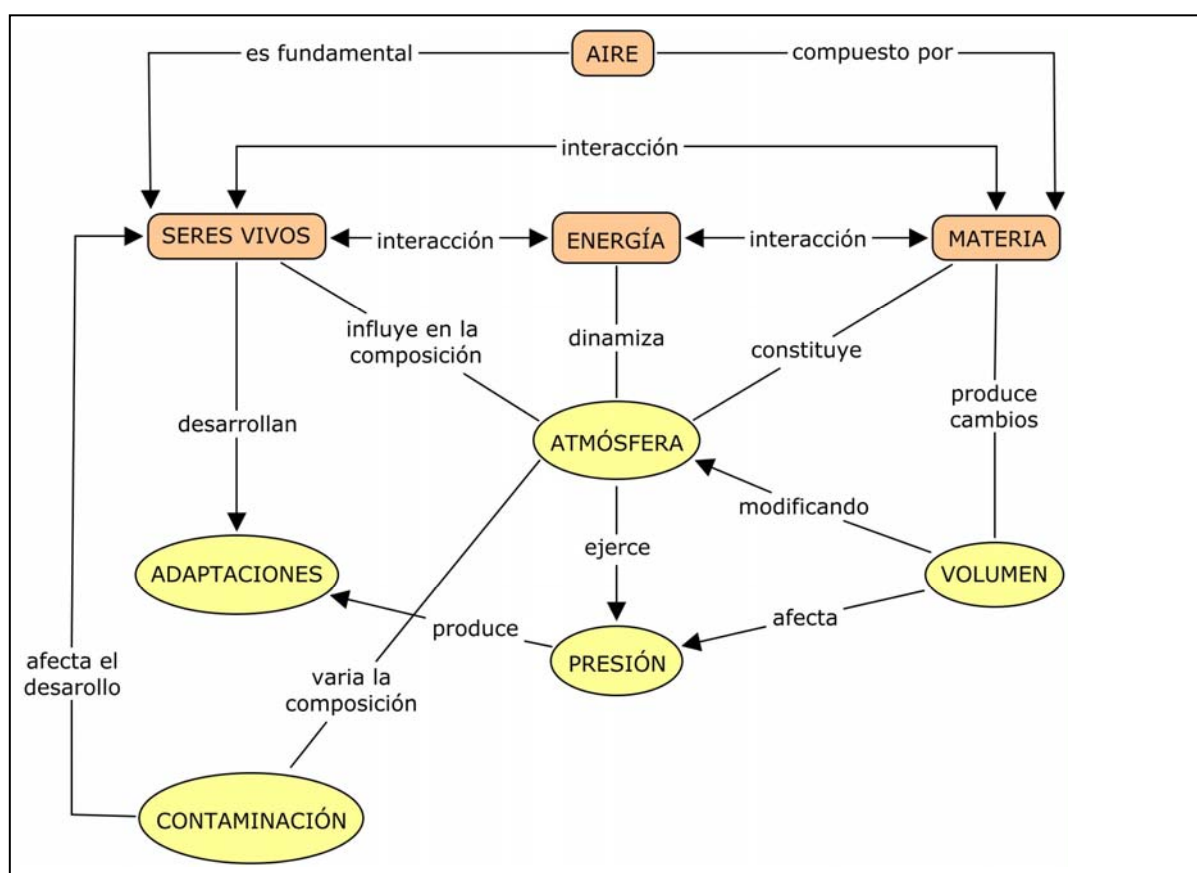


Figura 1: Mapa conceptual para el núcleo interdisciplinario del 1^{er} año, elaborado por los profesores Hugo Fernández, Marta Ramírez y Ana Schnersch en un taller sobre mapas conceptuales realizado en el CRUB Bariloche, Argentina, 1994.

Se pueden, entonces, definir ciertas directrices para trazar mapas conceptuales, como la regla de las figuras, mencionada antes, o de la organización jerárquica piramidal, pero son directrices contextuales, o sea, válidas, por ejemplo, para una investigación o para una determinada situación en el aula. No hay reglas fijas generales para el trazado de mapas conceptuales. Lo importante es que el mapa sea un instrumento capaz de poner en evidencia los significados atribuidos a los conceptos y relaciones entre conceptos en el contexto de un cuerpo de conocimiento, de una disciplina, de una materia de enseñanza. Por ejemplo, si el

individuo que hace el mapa, ya sea profesor o alumno, une dos conceptos, a través de una línea, debe ser capaz de explicar el significado de la relación que ve entre esos conceptos.

Una o dos palabras-claves escritas sobre esa línea (ver figuras 1 y 2) pueden ser suficientes para explicitar la naturaleza de esa relación. Los dos conceptos más las palabras-claves forman una proposición y ésta pone en evidencia el significado de la relación conceptual. Por esta razón, el uso de palabras-clave sobre las líneas conectando conceptos es importante y debe ser incentivado en la confección de los mapas conceptuales, pero este recurso no los torna autoexplicativos. Los mapas conceptuales deben ser explicados por quien los hace; al exponerlos, la persona externaliza significados. Ahí reside el mayor valor de un mapa conceptual. Claro que la externalización de significados puede ser obtenida de otras maneras; sin embargo, los mapas conceptuales son particularmente adecuados para esa finalidad.

Cómo pueden usarse

El mapeamiento conceptual es una técnica muy flexible, y por eso puede ser usado en diversas situaciones, para diferentes finalidades: instrumento de análisis del currículum, técnica didáctica, recurso de aprendizaje, medio de evaluación (Moreira y Buchweitz, 1993).

Es posible trazar un mapa para una única clase, para una unidad de estudio, para un curso y hasta para un programa educacional completo. La diferencia está en el grado de generalización e inclusión de los conceptos colocados en el mapa. Un mapa que envuelva apenas conceptos generales, inclusivos y “organizacionales” puede ser usado como referencial para la planificación de un curso entero, mientras que un mapa que sólo incluya conceptos específicos, poco inclusivos, puede ayudar en la selección de determinados materiales instruccionales. Esto significa que los mapas conceptuales pueden ser importantes mecanismos para focalizar la atención del planificador del currículum en la distinción entre el contenido que se espera que sea aprendido y aquel que sirve de vehículo de aprendizaje. El contenido curricular está documentado en fuentes de conocimiento tales como artículos de investigación, ensayos, poemas, libros. Los mapas conceptuales pueden ser útiles en el análisis de esos documentos con la finalidad de adecuar para la instrucción el conocimiento contenido en ellos. Se considera aquí que el currículum se refiere al conjunto de conocimientos. Así, el análisis de la estructura del conocimiento implica el análisis del currículum y el mapeamiento conceptual puede ser un instrumento útil en ese análisis.

De manera análoga, los mapas conceptuales pueden usarse para mostrar relaciones significativas entre los conceptos enseñados en una sola clase, en una unidad de estudio o en un curso entero. Son representaciones concisas de las estructuras conceptuales que están siendo enseñadas y como tal, probablemente facilitan el aprendizaje de esas estructuras. Sin embargo, a diferencia de otros materiales didácticos, los mapas conceptuales no son auto-instructivos: deben ser explicados por el profesor. Además, aunque puedan usarse para dar una visión general del tema en estudio es preferible usarlos cuando los alumnos ya tienen una cierta familiaridad en el asunto, de modo que sean potencialmente significativos y permitan la integración, reconciliación y diferenciación de significados de conceptos (Moreira, 1980, 2010).

En la medida en que los alumnos utilicen mapas conceptuales para integrar, reconciliar y diferenciar conceptos; en la medida en que usen esa técnica para analizar artículos, textos, capítulos de libros, novelas, experimentos de laboratorio y otros materiales educativos del currículum, estarán usando el mapeamiento conceptual como un recurso de aprendizaje.

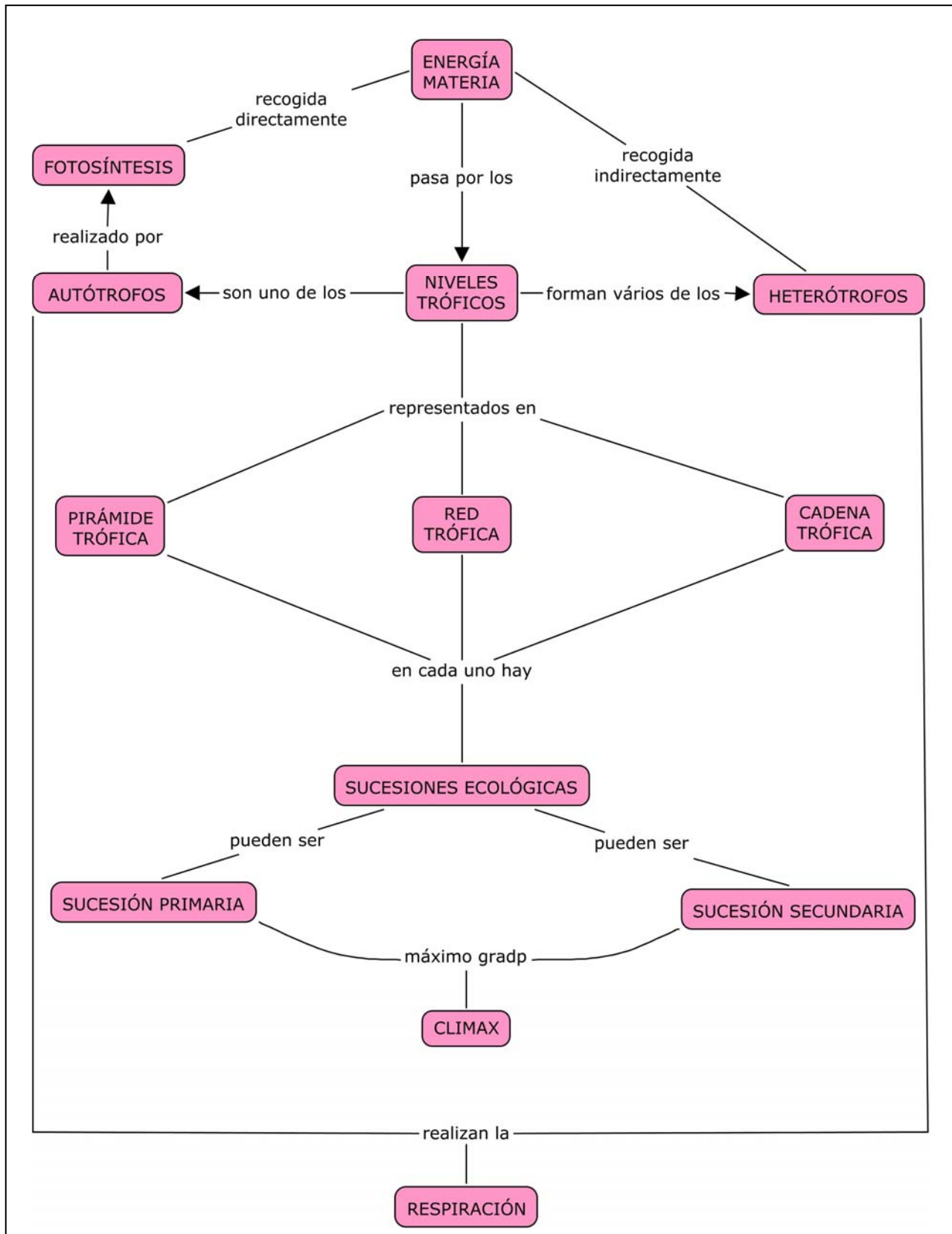


Figura 2: Mapa conceptual elaborado por un grupo de estudiantes de 1º BUP (14/15 años) para la dinámica de los ecosistemas. (Curso 1995/96). (Cedido por la Profesora M^a Luz Rodríguez Palmero, I.B.. Dr. Antonio González y González, Tejina, La Laguna, Sta. Cruz de Tenerife).

Como instrumento de evaluación del aprendizaje, los mapas conceptuales pueden utilizarse para obtener una visualización de la organización conceptual que el aprendiz atribuye a un determinado conocimiento. Se trata básicamente de una técnica no tradicional de evaluación que busca informaciones sobre los significados y relaciones significativas entre conceptos-claves de la materia de enseñanza desde el punto de vista del alumno. Es más adecuada para una evaluación cualitativa, formativa, del aprendizaje.

Fundamentación teórica

La teoría que está por detrás del mapeamiento conceptual es la teoría cognitiva de aprendizaje de David Ausubel (Ausubel et al., 1978, 1980, 1981; Ausubel, 2002; Moreira y Masini, 1982, 2006; Moreira, 1983, 1999, 2000, 2006, 2011a). Sin embargo, se trata de una técnica desarrollada a mediados de la década de los setenta por Joseph Novak y sus colaboradores en la Universidad de Cornell, en los Estados Unidos. Ausubel nunca habló en su teoría de mapas conceptuales.

El concepto básico de la teoría de Ausubel es el de aprendizaje significativo. Un aprendizaje se dice significativo cuando una nueva información (concepto, idea, proposición) adquiere significados para el aprendiz a través de una especie de anclaje en aspectos relevantes de la estructura cognitiva preexistente del individuo, o sea en conceptos, ideas, proposiciones ya existentes en su estructura de conocimientos (o de significados) con determinado grado de claridad, estabilidad y diferenciación. Esos aspectos relevantes de la estructura cognitiva que sirven de anclaje para la nueva información reciben el nombre de subsunsores, o subsumidores. Sin embargo, el término anclar, a pesar de ser útil como una primera idea de lo que es el aprendizaje significativo, no da una imagen de la dinámica del proceso. El aprendizaje significativo hay una interacción entre el nuevo conocimiento y el ya existente, en la cual ambos se modifican. En la medida en que el conocimiento sirve de base para la atribución de significados a la nueva información, él también se modifica, o sea, los subsunsores van adquiriendo nuevos significados, tornándose más diferenciados, más estables. Se forman nuevos subsunsores; los subsunsores interactúan entre sí. La estructura cognitiva está constantemente reestructurándose durante el aprendizaje significativo. El proceso es dinámico; el conocimiento va siendo construido.

En el aprendizaje significativo, el nuevo conocimiento nunca es internalizado de manera literal porque en el momento en que pasa a tener significado para el aprendiz, entra en escena el componente idiosincrásico de la significación. Aprender significativamente implica atribuir significados y éstos siempre tienen componentes personales. El aprendizaje sin atribución de significados personales, sin relación con el conocimiento preexistente, es mecánico, no significativo. En el aprendizaje mecánico el nuevo conocimiento es almacenado de manera arbitraria y literal en la mente del individuo. Esto no significa que ese conocimiento sea almacenado en un vacío cognitivo, sino que no interactúa significativamente con la estructura cognitiva preexistente, no adquiere significados. Durante un cierto período de tiempo la persona inclusive es capaz de reproducir lo que fue aprendido mecánicamente, pero no significa nada para ella.

En el curso del aprendizaje significativo, los conceptos que interactúan con el nuevo conocimiento y que sirven de base para la atribución de nuevos significados, van también modificándose en función de esa interacción, o sea van adquiriendo nuevos significados y diferenciándose progresivamente. Imagínese, por ejemplo, el concepto de “conservación”, su adquisición diferenciada en ciencias es progresiva: a medida que el aprendiz va aprendiendo significativamente lo que es conservación de la energía, conservación de la carga eléctrica,

conservación de la cantidad de movimiento, el subsunor “conservación” se va tornando cada vez más elaborado, más diferenciado, más capaz de servir de ancla para la atribución de significados a nuevos conocimientos. Este proceso característico de la estructura cognitiva se llama **diferenciación progresiva**.

Otro proceso que ocurre en el curso del aprendizaje significativo es el establecimiento de relaciones entre ideas, conceptos, proposiciones ya establecidos en la estructura cognitiva, o sea, relaciones entre subsunores. Los elementos que ya existen en la estructura cognitiva con determinado grado de claridad, estabilidad y diferenciación son percibidos como relacionados, adquieren nuevos significados y llevan a una reorganización de la estructura cognitiva. Es lo que ocurriría, por ejemplo, si el alumno que tuviese conceptos de campo eléctrico y magnético claros y estables en su estructura cognitiva los percibiese como si estuvieran intimamente relacionados y organizase sus significados de manera que los viera como manifestaciones de un concepto más abarcativo como es el de campo electromagnético. Esa recombinación de elementos, esa reorganización cognitiva, ese tipo de relación significativa, es el conocido como **reconciliación integrativa o integradora**.

La reconciliación integrativa y la diferenciación progresiva son dos procesos relacionados que ocurren en el curso del aprendizaje significativo. Todo aprendizaje que resulte en una reconciliación integrativa resultará también en una diferenciación progresiva adicional de conceptos y proposiciones. La reconciliación integrativa es una forma de diferenciación progresiva de la estructura cognitiva. Es un proceso cuyo resultado es el delineamiento explícito de diferencias y similitudes entre ideas relacionadas.

Los mapas conceptuales fueron desarrollados para promover el aprendizaje significativo. El análisis del currículum y de la enseñanza bajo un enfoque ausubeliano, implican, en términos de significados: 1) identificar la estructura de significados que es aceptada en el contexto de la materia de enseñanza; 2) identificar los subsunores (significados) necesarios para el aprendizaje significativo de la materia de enseñanza; 3) identificar los significados preexistentes en la estructura cognitiva del aprendiz; 4) organizar secuencialmente el contenido y seleccionar los materiales curriculares, usando las ideas de la diferenciación progresiva y de la reconciliación integrativa como principios programáticos; 5) enseñar usando organizadores previos, para hacer puentes entre los significados que el alumno ya tiene y los que precisaría tener para aprender significativamente la materia de enseñanza, así como para establecer relaciones explícitas entre el nuevo conocimiento y aquel ya existente y adecuado para dar significados a los nuevos materiales de aprendizaje.

Los mapas conceptuales pueden ser utilizados como recursos en todas esas etapas, así como en la obtención de evidencias de aprendizaje significativo, o sea, en la evaluación cualitativa, interpretativa, del aprendizaje. La Figura 3 presenta un mapa conceptual sobre algunos conceptos básicos de la teoría de Ausubel, tanto para estructurar lo que se ha indicado en esta sección como para dar otro ejemplo de mapa conceptual.

Mapas conceptuales y aprendizaje significativo

Como el aprendizaje significativo implica necesariamente la atribución de significados idiosincrásicos, los mapas conceptuales, trazados por **profesores** y **alumnos** reflejarán tales significados. Eso quiere decir que tanto los mapas usados por profesores como recurso didáctico como los mapas hechos por alumnos en una evaluación, tienen componentes idiosincrásicos. Esto significa que no existe un mapa conceptual “correcto”. Un profesor nunca debe representar a sus alumnos **el** mapa conceptual de cierto contenido sino **un** mapa

conceptual para ese contenido de acuerdo con los significados que él o ella atribuye a los conceptos y a las relaciones significativas entre ellos. De la misma manera, nunca se debe esperar que el alumno presente en una evaluación el mapa conceptual “correcto” de un cierto contenido. Eso no existe. Lo que el alumno presenta es su mapa y lo importante no es si ese mapa está correcto o no, sino si da evidencias de que el alumno está aprendiendo significativamente el contenido.

Naturalmente, al enseñar, el profesor tiene la intención de que el alumno adquiera ciertos significados que son aceptados en el contexto de la materia de enseñanza y que son compartidos por una cierta comunidad de usuarios. La enseñanza pretende que el alumno también comparta esos significados. Los mapas conceptuales pueden ser valiosos en la consecución de ese objetivo y pueden brindar información sobre cómo está siendo alcanzado. Pero las mapas conceptuales – tanto los del alumno como los del profesor – tienen significados personales. Basta pedir a dos profesores, con igual conocimiento, que tracen un mapa de conceptos para cierto contenido: sus mapas tendrán semejanzas y diferencias. Los dos mapas pueden evidenciar una buena comprensión de la materia sin que se pueda decir que uno es mejor que el otro, y mucho menos que uno es cierto y otro es errado. Esto mismo es válido en relación con los mapas conceptuales trazados por dos alumnos en la evaluación del aprendizaje de un mismo contenido. Sin embargo es preciso tener cuidado para no caer en un relativismo donde “todo vale”: algunos mapas son definitivamente pobres y sugieren falta de comprensión.

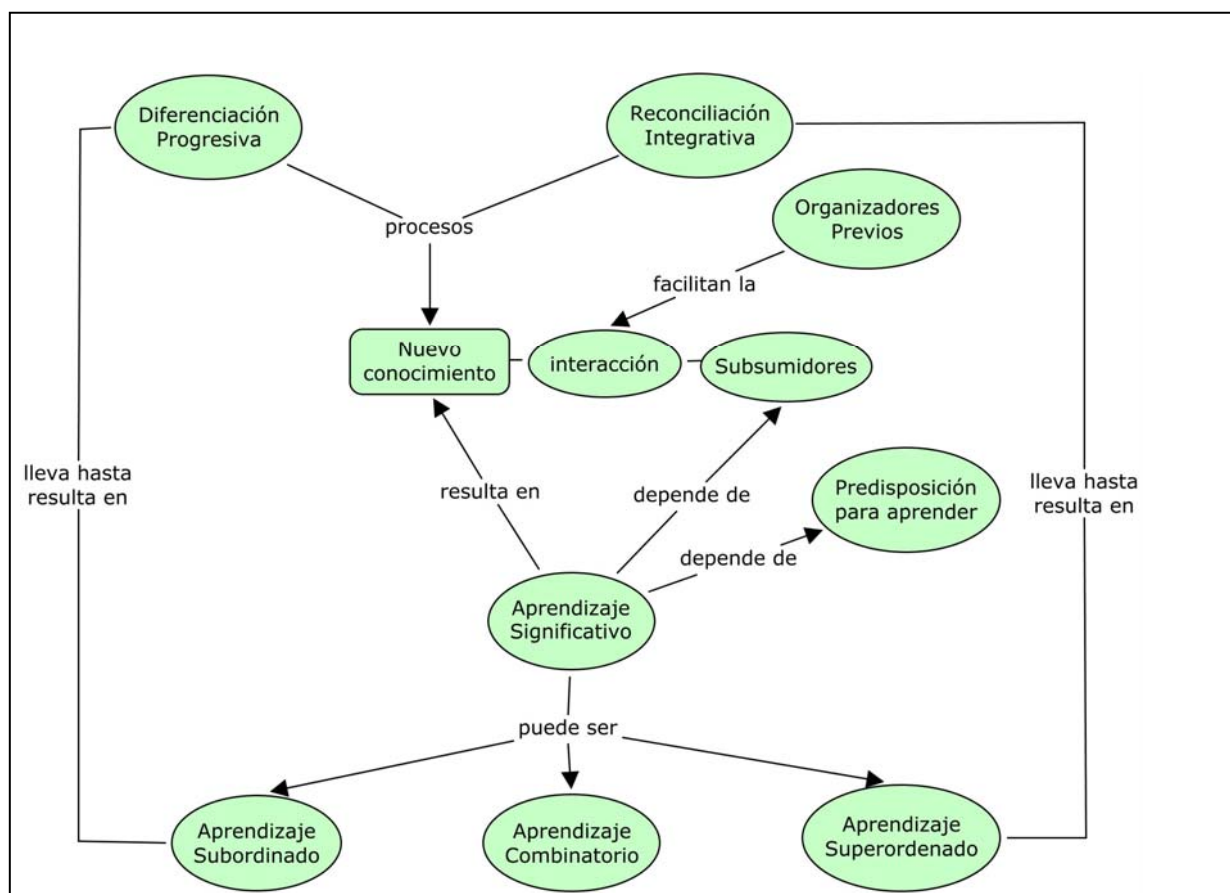


Figura 3: Algunos conceptos básicos de la teoría de Ausubel (Moreira y Buchweitz, 1993).

En el momento en el que un profesor presente a un alumno un mapa conceptual como siendo **el** mapa correcto de un cierto contenido, o cuando le exija un mapa **correcto**, promoverá (como muchos otros recursos instruccionales) el aprendizaje mecánico en detrimento del aprendizaje significativo. Los mapas conceptuales son dinámicos, están cambiando constantemente en el transcurso del aprendizaje significativo. Si el aprendizaje es significativo, la estructura cognitiva está constantemente reorganizándose por diferenciación progresiva y reconciliación integrativa y, en consecuencia, los mapas trazados hoy serán distintos de los trazados mañana.

De todo esto fácilmente se desprende que los mapas conceptuales son instrumentos diferentes y que no tiene mucho sentido querer evaluarlos como se evalúa un test de múltiple elección o un problema numérico. El análisis de los mapas conceptuales es esencialmente cualitativo. El profesor en vez de preocuparse por atribuir una puntuación al mapa trazado por el alumno, debe procurar interpretar la información dada por el mismo en el mapa con el fin de obtener evidencias de la existencia de aprendizaje significativo. Las explicaciones del alumno en relación a su mapa, tanto orales como escritas, facilitan la tarea del profesor en ese sentido.

Ciertamente, todo lo dicho hasta aquí sobre los mapas conceptuales puede dar la idea de que es un recurso instruccional de poca utilidad porque es muy personal y de difícil evaluación (en el sentido de cuantificación). De hecho, mirado desde una perspectiva convencional, los mapas conceptuales pueden no ser muy atractivos ni para los profesores – que pueden preferir la seguridad de enseñar contenidos sin mucho margen para interpretaciones personales – ni para los alumnos – habituados a memorizar contenidos para reproducirlos en las evaluaciones. En la enseñanza convencional no hay mucho lugar para la externalización de significados ni para el aprendizaje significativo. Los mapas conceptuales apuntan en otra dirección, requiriendo otro enfoque para la enseñanza y el aprendizaje.

Conclusión

Aparentemente simples y a veces confundidos con esquemas o diagramas “organizacionales”, los mapas conceptuales son instrumentos que pueden llevar a profundas modificaciones en la manera de enseñar, de evaluar y de aprender. Procuran incentivar el aprendizaje significativo y entran en conflicto con técnicas dirigidas para el aprendizaje mecánico. Si son utilizados con toda su potencialidad, esto implica atribuir nuevos significados a los conceptos de enseñanza, aprendizaje y evaluación. Por eso mismo, a pesar de que pueden ser encontrados en la literatura trabajos sobre mapas conceptuales aún en los años setenta (e.g., Moreira, 1979), hasta hoy el uso de mapas conceptuales no se incorporó a la rutina de las clases.

Sin embargo, existen relatos de estudios con mapas conceptuales en las áreas más diversas y en todos niveles de escolaridad (Novak y Gowin, 1984, 1988, 1996). La figura 4 es un mapa en el área de la literatura sacado de um estudio en esta área (Marli Moreira, 1988) para corroborar dicha afirmación. Para concluir, proveendo al lector más dos ejemplos de mapas conceptuales, la figura 5 muestra un mapa en el área de la epistemología y la figura 6 otro en el campo de la Física.

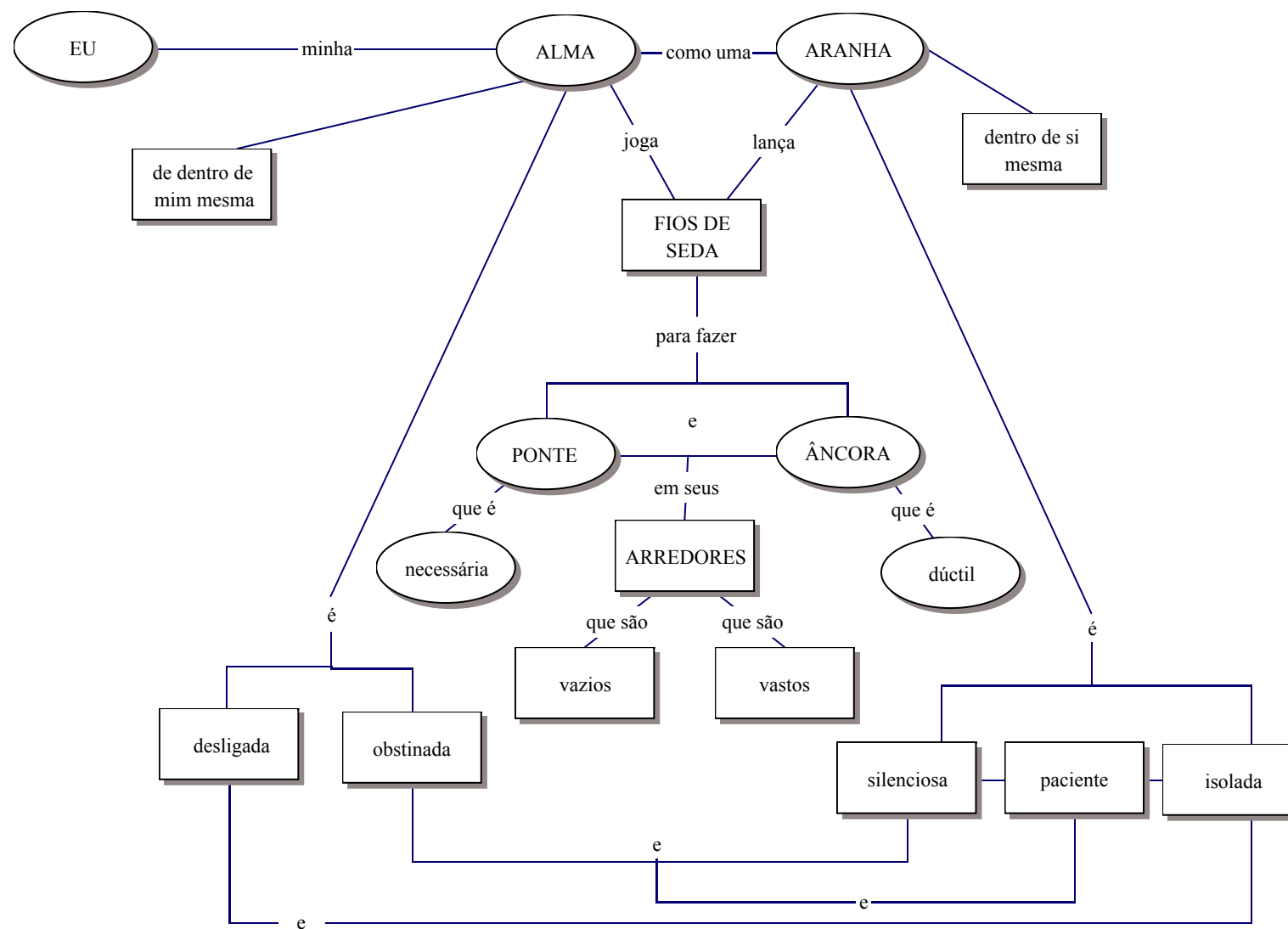


Figura 4: Um mapa conceitual para o poema “Uma aranha silenciosa e paciente”, de Walt Whitman, em uma aula de literatura americana (M.M. Moreira, 1988)

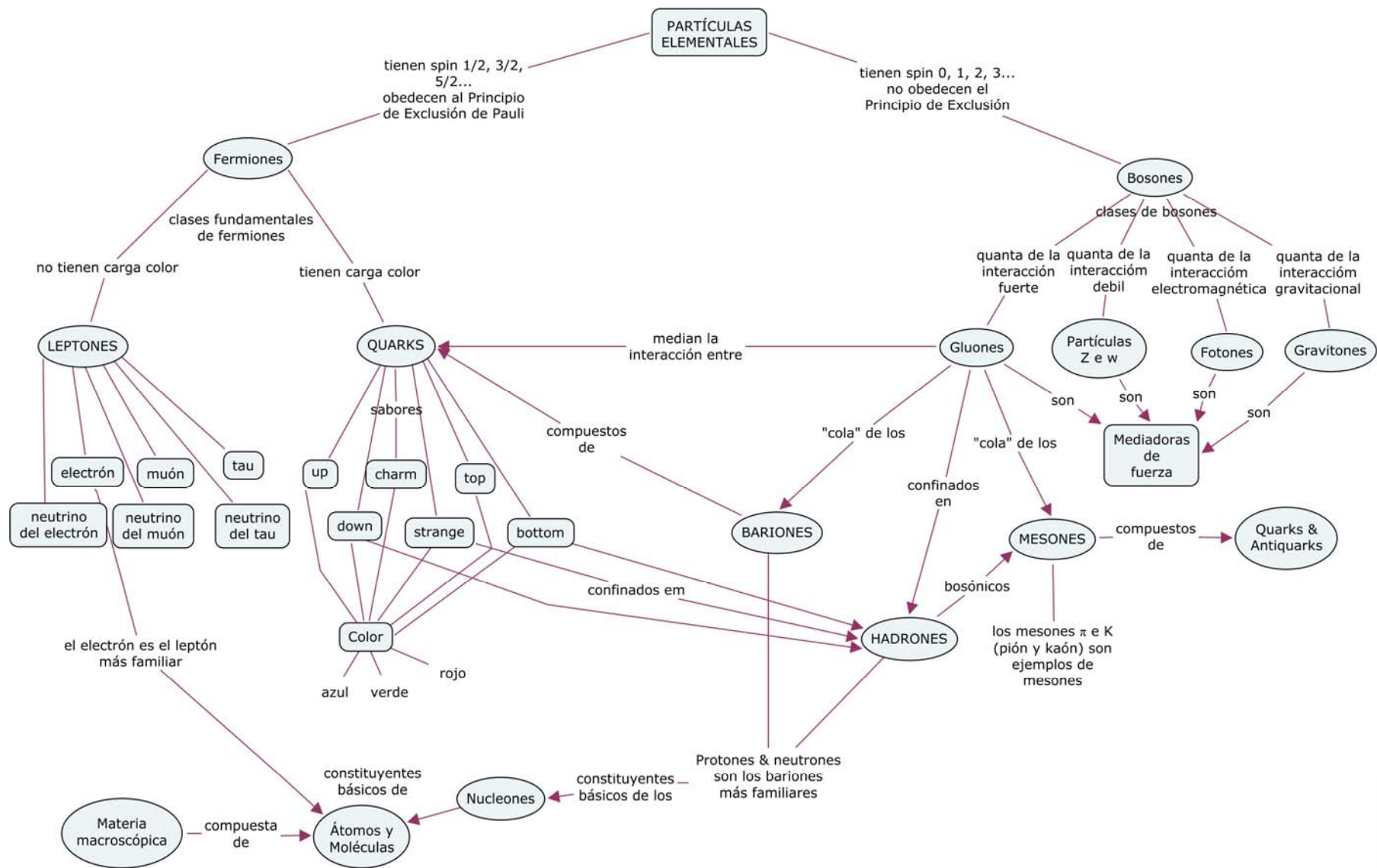


Figura 6 – Un mapa conceptual sobre partículas elementales (Moreira, 2011b, p. 26).

Referencias

Ausubel, D.P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento*. Una perspectiva cognitiva. Barcelona: Paidós.

Ausubel, D.P., Novak, J.D. and Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston. Publicado en português por la Editora Interamericana, Rio de Janeiro, 1980. En español por Editorial Trillas, México, 1981. Reimpreso en inglés por Werbel & Peck, New York, 1986.

Moreira, M.A. (1979). Concept maps in physics teaching. *Journal of College Science Teaching*, 8(5): 283-286.

Moreira, M.A (1980). Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa. *Ciência e Cultura*, 32(4): 474-479.

Moreira, M.A. (1983). *Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física*. Porto Alegre: Editora da Universidade.

Moreira, M.A. (1999). *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB.

Moreira, M.A. (2000). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: Visor Dis., S.A.

Moreira, M.A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB.

Moreira, M.A. (2010). *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. São Paulo: Centauro Editora.

Moreira, M.A. (2011a). *Aprendizagem significativa: a teoria e texto complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física.

Moreira, M.A. (2011b). *Física de Partículas: uma abordagem conceitual e epistemológica*. São Paulo: Editora Livraria da Física

Moreira, M.A. e Buchweitz, B. (1993). *Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

Moreira, M.A. e Masini, E.A.F.S. (1992). *Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes. 2ª ed. (2006).

Moreira, M.A. e Massoni, N.T. (2011). *Epistemologias do Século XX*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária.

Moreira, M.M. (1988). The use of concept maps and the five questions in a foreign language classroom: effects on interaction. Tesis de doctorado. Ithaca, NY, Cornell University, U.S.A.

Novak, J.D. y Gowin, D.B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca. Traducción al español del original *Learning how to learn*. (1984). Cambridge University Press. Traducido al português como *Aprender a aprender*. (1996). Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

Apéndice

En el apéndice se presentan unas breves indicaciones que pueden ser útiles en la construcción de mapas conceptuales. Sin embargo, Estas indicaciones no deben ser consideradas como una “receta” para hacer mapas conceptuales.

Apéndice¹

Como construir un mapa conceptual

1. Identifique los conceptos-clave del contenido que va a mapear y póngalos en una lista. Limite el número de conceptos entre 6 y 10.
2. Ordene los conceptos poniendo el (los) más general (es), más inclusivo(s), en el tope del mapa y gradualmente vaya colocando los demás hasta completar el mapa según el modelo de la diferenciación progresiva. Algunas veces es difícil identificar los conceptos más generales, más inclusivos; en ese caso, es útil analizar el contexto en el cual los conceptos se están considerando o tener una idea de la situación en la que esos conceptos deben ser ordenados.
3. Si el mapa se refiere, por ejemplo, a un párrafo de un texto, el número de conceptos está limitado por el propio párrafo. Si el mapa se refiere a su conocimiento además del texto, pueden incorporarse al mapa conceptos más específicos.
4. Conecte los conceptos con líneas y rotule las líneas con una o más palabras-clave que definan la relación entre los conceptos. Los conceptos y las palabras deben formar una proposición explicitando el significado de la relación.
5. Flechas pueden ser usadas cuándo se quiere dar un sentido a la relación. Sin embargo, el uso de muchas flechas termina por transformar el mapa conceptual en un diagrama de flujo.
6. Evite palabras que sólo indican relaciones triviales entre los conceptos. Busque relaciones horizontales y cruzadas.
7. Ejemplos específicos pueden agregarse al mapa debajo de los conceptos correspondientes. En general, los ejemplos quedan en la parte inferior del mapa.
8. En general, el primer intento de mapa tiene una simetría pobre y algunos conceptos o grupos de ellos están mal ubicados respecto a otros que están más estrechamente relacionados. Reconstruir el mapa es útil en ese caso.
9. Quizás en ese punto Ud. ya puede imaginar otras maneras de hacer el mapa. Acuérdesse de que no existe una única manera de trazar un mapa conceptual. A medida que cambia su comprensión de las relaciones entre los conceptos, el mapa también cambia. Un mapa conceptual es dinámico, refleja la comprensión conceptual de quien hace el mapa en el momento en el que lo hace.
10. Comparta su mapa conceptual con sus compañeros y examine los mapas de ellos. Aclare significados. Pregunte significados. El mapa conceptual es un buen instrumento para compartir, intercambiar y “negociar” significados.

¹ Hay aplicativos especialmente diseñados para la construcción de mapas conceptuales. El más conocido de ellos es el Cmap Tools: <http://cmap.ihmc.us>

DIAGRAMAS V y APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO¹

(V diagrams and meaningful learning)

Marco Antonio Moreira
Instituto de Física da UFRGS
Caixa Postal 15051 – Campus
91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil
<http://moreira.www.if.ufrgs.br>

Resumen

La intención del trabajo es la de proponer el diagrama V como instrumento heurístico potencialmente facilitador de un aprendizaje significativo, desde una perspectiva epistemológica, es decir, de conocimiento como producción humana. Se explica detalladamente cual es la estructura del diagrama y se presentan varios ejemplos en enseñanza y aprendizaje, particularmente de las ciencias.

Palabras-clave: diagramas V, aprendizaje significativo, enseñanza de las ciencias.

Abstract

The purpose of this paper is to propose the V diagram as a heuristic instrument potentially helpful in facilitating meaningful learning from an epistemological perspective, that is, from knowledge as a human production. The structure of this diagram is explained with details and several examples are given of its use in teaching and learning especially in science.

Keywords: V diagrams, meaningful learning, science teaching.

Introducción

El diagrama V es un instrumento heurístico propuesto originalmente por D.B. Gowin (1981; Gowin y Alvarez, 2005) para el análisis del proceso de producción de conocimientos (es decir, para el análisis de las partes de ese proceso y la manera como se relacionan) o para “desempaquetar” conocimientos documentados en artículos de investigación, libros, ensayos, etc.. Por eso mismo es también llamado Ve epistemológico, Ve del conocimiento, Ve heurístico o, aún, Ve de Gowin.

Antes de la Ve, Gowin proponía cinco cuestiones a sus estudiantes de posgrado para analizar conocimientos documentados (op. cit., p. 88):

1. Cuál es(son) la(s) cuestión(es)-foco?
2. Cuáles son los conceptos-clave? (Cuál es la estructura conceptual)?
3. Cuál(es) es(son) el (los) método(s) usado(s) para contestar la(s) cuestión(es)-foco? (Cuál es la secuencia de pasos)?
4. Cuáles son las aseveraciones de conocimiento? (Cuál es el conocimiento producido)?
5. Cuáles son las aseveraciones de valor? (Cuál es el valor del conocimiento producido)?

¹ Publicado en la *Revista Chilena de Educación Científica*, vol. 6, N. 2, 2007. Revisado en 2012.

Dichas cuestiones, conocidas como las “cinco cuestiones de Gowin”, constituyen una manera más simple, pero no tan completa, de analizar la producción de conocimientos. Ellas son una especie de embrión de la Ve. En principio, podrían haber originado cualquier otro tipo de diagrama, pero la forma de V es muy útil porque muestra claramente la producción de conocimientos como resultante de la interacción entre dos dominios, uno teórico-conceptual y otro metodológico, para contestar cuestiones que son formuladas involucrando esos dos dominios, respecto a eventos u objetos de estudio sobre los cuales convergen dichos dominios.

El diagrama V

La figura 1 presenta un diagrama V con todos sus componentes.

El lado izquierdo de la Ve se refiere al dominio teórico-conceptual del proceso de producción de conocimiento: allí están los conceptos, propiamente dichos, con los cuales son generados principios, modelos y leyes que, a su vez, pueden ser organizados en teorías que tienen sistemas de creencias, o filosofías, subyacentes. Este lado de la Ve corresponde al *pensar*.

En la base de la Ve están los **objetos de estudio o eventos** que ocurren naturalmente o **que se los hace acontecer a fin de hacer registros** a través de los cuales los fenómenos de interés pueden ser investigados y llevar a respuestas para las cuestiones-foco.

El lado derecho de la Ve corresponde al dominio metodológico de la producción de conocimientos. A partir de los registros de los eventos se llega a datos, a través de transformaciones, como el uso de parámetros, índices, coeficientes; los datos sufren nuevas transformaciones metodológicas, como gráficos, correlaciones, categorizaciones, que sirven de base para la formulación de aseveraciones de conocimiento, es decir, el conocimiento producido en respuesta a la(s) cuestión(es)-foco. Este lado de la Ve se refiere al *hacer*. Sin embargo, hay que tener en cuenta que hay una permanente interacción entre las dos ramas de tal manera que **todo lo que se hace en lo metodológico es guiado por conceptos, principios, modelos y filosofías de la rama teórico-conceptual. Recíprocamente, nuevas aseveraciones de conocimiento pueden llevar a nuevos conceptos y modelos, a la reformulación de conceptos y modelos ya existentes o, eventualmente, a nuevas teorías y filosofías.**

En el caso de una investigación cualitativa, en general la teoría va siendo construida, fundamentada en los datos, a lo largo del proceso, pero, aún así, permanece, dialécticamente, la *interacción pensar-hacer o teoría-metodología*.

Las **cuestiones-foco – cuestiones-básicas o cuestiones-claves** – están en el centro de la Ve porque de hecho, pertenecen tanto al dominio teórico-conceptual como al metodológico. La cuestión-foco de un estudio es la que no sólo pregunta algo sino que también dice alguna cosa. Es la cuestión que identifica el fenómeno de interés de tal forma que es probable que alguna cosa sea construida, medida o determinada al contestarla. Es la pregunta que informa sobre el punto central de una investigación, de un estudio; ella dice lo que, en esencia, fue investigado, estudiado.

El diagrama V

Dominio teórico conceptual

FILOSOFÍA(S): visiones de mundo, creencias generales, abarcadoras, profundas, sobre la naturaleza del conocimiento que subyacen su producción.

TEORÍAS: conjunto (s) organizado(s) de principios y conceptos que guían la producción de conocimientos, explicando porque eventos u objetos exhiben lo que es observado.

PRINCIPIO(S): enunciados de relaciones entre conceptos que guían la acción explicando cómo se puede esperar que eventos u objetos se presenten o comporten.

CONCEPTO(S): regularidades percibidas en eventos y objetos indicadas por un rótulo (la palabra concepto).

Cuestión(es)-foco



Dominio metodológico

ASEVERACIONES (JUICIOS) DE VALOR: enunciados basados en las aseveraciones de conocimiento que declaran el valor, la importancia, del conocimiento producido.

ASEVERACIONES (JUICIOS) DE CONOCIMIENTO: enunciados que responden la(s) cuestión(es)-foco y que son interpretaciones razonables de los registros y de las transformaciones metodológicas hechas.

TRANSFORMACIONES: tablas, gráficos, estadísticas, correlaciones, categorizaciones u otras formas de organización de los registros hechos.

REGISTROS: observaciones hechas y registradas de los eventos u objetos estudiados (datos crudos).

EVENTOS/OBJETOS: descripción del (de los) evento(s) u objeto(s) a ser(en) estudiado(s) a fin de responder la(s) cuestión(es)-foco.

La cuestión-foco no es lo mismo que hipótesis. Para Gowin (op. cit., p. 91), hipótesis es un enunciado técnico del tipo “si...entonces”, “cambiando tal condición pasará eso o aquello”. Cuestión-foco es una cuestión que organiza y dirige el pensamiento, que da sentido a lo que se está haciendo. Para él, la formulación y testeos de hipótesis está vinculada al conocimiento técnico mientras la búsqueda de respuestas a cuestiones-foco lleva a la producción de conocimiento.

Ejemplos

En las figuras 2, 3, 4 y 5 se presentan cuatro ejemplos de diagramas V, en áreas bien distintas para llamar la atención que esos diagramas no son específicos de determinada área de conocimientos. Sin embargo, son apenas ejemplos no ejemplares.

Diagramas V y aprendizaje significativo

En primer lugar hay que destacar que como instrumento de enseñanza la Ve epistemológica es extremadamente útil para transmitir al alumno la idea de que el conocimiento humano es *producido, construido*, en el interactuar del pensar y del hacer, buscando respuestas a cuestiones-foco sobre los más distintos fenómenos de interés. Esa visión epistemológica es importante en la enseñanza, dado que todo episodio de enseñanza involucra el compartir significados respecto a algún conocimiento y éste es una construcción humana. El alumno frecuentemente no lo percibe.

La Ve puede, entonces, ser usada para analizar críticamente trabajos de investigación, ensayos, producciones literarias, en fin, cualquier forma de conocimiento documentado. Sin embargo, su utilización implica una postura constructivista y, en muchos casos, una reformulación de creencias epistemológicas.

El diagrama V es también muy útil en la enseñanza de laboratorio (Figura 2): por un lado, el profesor puede construir uno de esos diagramas para un experimento que el alumno deberá hacer, a fin de analizar el potencial de ese experimento para el aprendizaje del alumno y este, por otro lado, al final del experimento, en vez de un informe podrá construir su Ve heurística. El diagrama V del profesor se constituye en un análisis del currículo (objetivos pretendidos de aprendizaje) y el del alumno en un instrumento de evaluación.

Es igualmente un instrumento adecuado para resumir una tesis o una tesina (Figura 3). Es decir, es un instrumento heurístico que puede ser aplicado a cualquier caso de enseñanza, aprendizaje y evaluación involucrando la producción y documentación de conocimientos. En la Figura 4 el ejemplo se refiere a un curso para profesores, o sea, el evento es el curso y la pregunta es sobre su eficacia en la promoción del aprendizaje significativo. El diagrama V puede ser trazado por profesores o alumnos (Figura 5). Sin embargo, dicho diagrama no debe ser interpretado como un cuestionario a ser rellenado por alumnos o profesores. Lo importante es la cuestión epistemológica subyacente a ello. Interpretarlo como un formulario es una total distorsión y un gran desperdicio de su potencialidad didáctica y curricular.

¿Pero, cuál es la relación entre ese instrumento y el aprendizaje significativo?

Un diagrama V para un experimento de laboratorio

DOMINIO CONCEPTUAL

FILOSOFÍA: el conocimiento científico sobre la naturaleza reposa en la observación y en la experimentación basadas en teorías que organizan los hechos y el raciocinio del hombre, profundizando su comprensión.

TEORÍA(S): la teoría electromagnética.

LEYES: ley de la reflexión; ley de la refracción.

CONCEPTO(S): ángulo de incidencia, ángulo de reflexión, ángulo de refracción, índice de refracción.

Cuestiones básicas

¿Cuál es la relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión?
¿Cuál es la relación entre el índice de refracción y el ángulo de incidencia?

DOMINIO METODOLOGICO

ASEVERACIONES DE VALOR (valores): el experimento ayuda a clarificar los conceptos, leyes y fenómenos en él implicados.

ASEVERACIONES DE CONOCIMIENTO (conclusiones):

1. $\beta' = \beta$ (ley de la reflexión)
2. η no depende de β , esto es $\eta(\beta) = \sin \beta / \sin \delta = \text{constante}$ (ley de refracción).

TRANSFORMACIONES (metodológicas): medias y desvíos padrones de β' , δ , y del índice de refracción (η). Gráficos $\beta' \times \beta$ y $\eta \times \beta$.

REGISTROS (datos): valores de los ángulos de reflexión (β') y refracción (δ) para cada ángulo de incidencia (β)

EVENTO: cuando la luz incide sobre una superficie transparente lisa que separa dos medios, parte de la luz incidente vuelve al medio de origen y parte penetra en el segundo medio.

Figura 2. Estructura conceptual y metodológica de un experimento de laboratorio sobre la reflexión y refracción (Jamett et al., 1986). Este diagrama puede ser interpretado como un análisis del contenido del experimento correspondiente. Ha sido hecho por un profesor para analizar las potencialidades instruccionales del experimento, es decir, ¿qué podría el alumno aprender al hacerlo?. Una vez realizado el experimento, entonces, podría comparar la “Ve pretendida” y “la V obtenida”. Sin embargo, la V del profesor no debe ser interpretada como la “V correcta” o el referente; es tan solo la “V esperada”, debe reflejar la expectativa del docente.

Un diagrama V para una investigación en enseñanza

Dominio conceptual

Filosofía: es posible estudiar científicamente el proceso de cognición.

Teorías: la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel; la teoría del desarrollo cognitivo de Piaget.

Principios: el factor aislado que más influye en el aprendizaje es el conocimiento previo del alumno, averíguese eso y enséñese de acuerdo (Ausubel); es necesario conocer los esquemas de asimilación del alumno si se desea ofrecerle una enseñanza que facilite la adaptación (Piaget).

Conceptos: entrevista clínica; concepto erróneo; conocimiento previo; estructura cognitiva; campo eléctrico; potencial eléctrico; diferencia de potencial eléctrico; intensidad de la corriente eléctrica.

Cuestión-básica:

¿Después de la enseñanza, cambia el conocimiento previo que el alumno tiene respecto a ciertos conceptos físicos?
¿Si así es, qué tipo de cambios?



Dominio metodológico

Aseveraciones de valor: el estudio ha mostrado claramente la importancia de tener en cuenta el conocimiento previo del alumno en la planificación de la enseñanza.

Aseveraciones de conocimiento: cuando la enseñanza no tiene en cuenta el conocimiento previo del alumno es poco probable que lleve a cambios significativos en su estructura cognitiva.

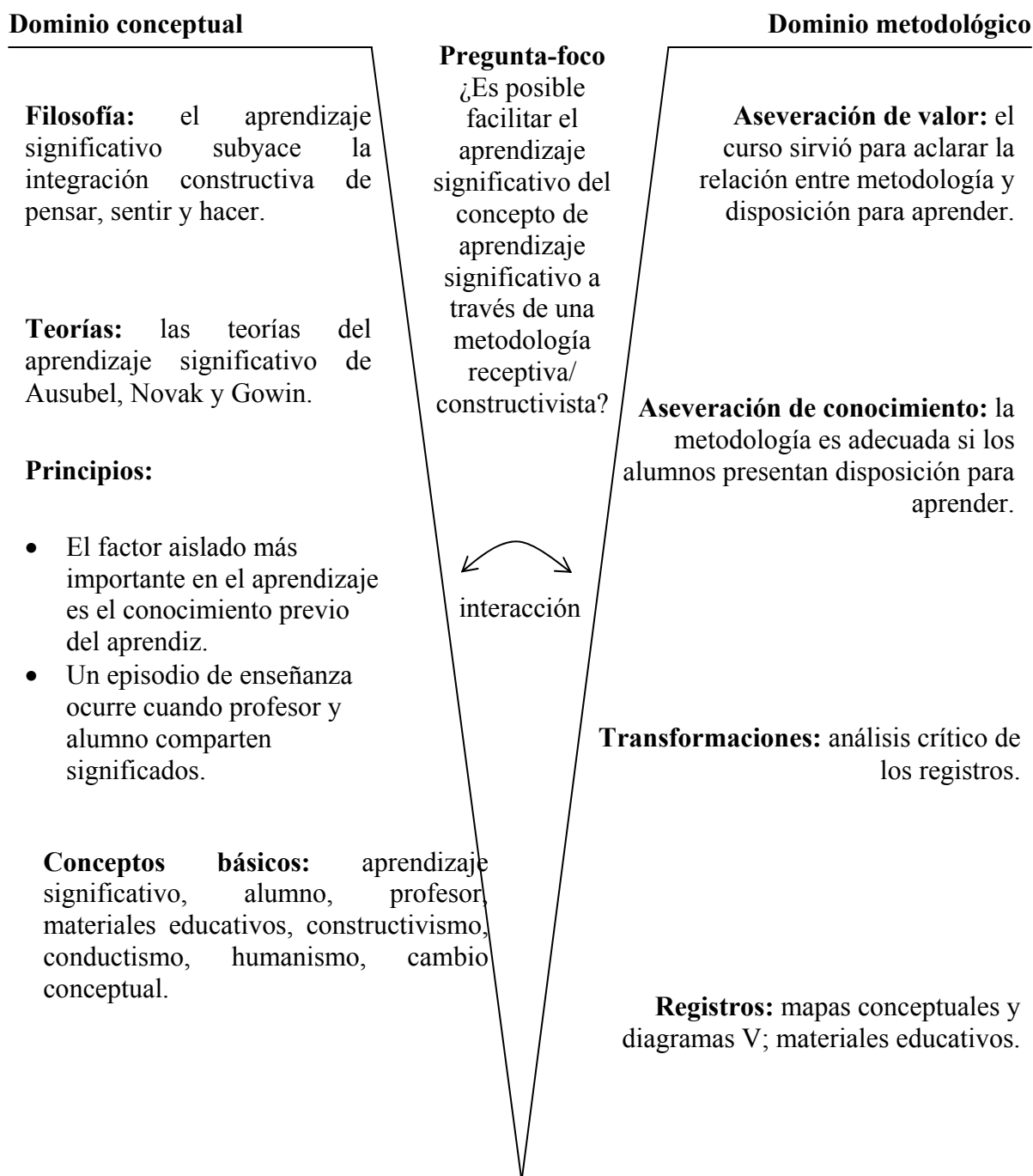
Transformaciones: identificación de proposiciones relevantes que sugieren conceptos erróneos, o ausentes; frecuencias con las que se presentan dichos conceptos.

Registros: grabaciones de entrevistas clínicas; transcripciones de las entrevistas.

Evento: estudiantes universitarios fueron entrevistados clínicamente respecto a algunos conceptos de Electricidad (campo eléctrico, potencial eléctrico, diferencia de potencial, intensidad de corriente) antes de la enseñanza (Plan Keller, programación lineal uniforme, libro de texto de Halliday & Resnick) y después de ella.

Figura 3 – Diagrama V de una investigación en enseñanza (Domínguez, 1985; Moreira, 1990). Este diagrama corresponde a la disertación de maestría de la autora. Dicho diagrama se puede hacer, por ejemplo, para un artículo de investigación, para una tesina o para una tesis. Es un instrumento heurístico para explicitar la estructura del proceso de producción de conocimientos.

Un diagrama V para un curso de aprendizaje significativo



Evento: Curso de 32 h sobre aprendizaje significativo y estrategias facilitadoras, para profesores, con clases expositivas y trabajos en grupo.

Figura 4. Un diagrama V para un curso sobre aprendizaje significativo. El evento fue el propio curso y la pregunta era sobre su eficacia en la promoción del aprendizaje significativo.

Un diagrama V para una práctica de Biología

Pensar

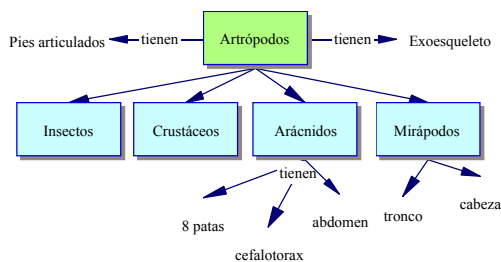
Filosofía: La vida se presenta en formas diversas.

Teorías: La clasificación de los seres vivos. La teoría de la evolución.

Principio:

La observación sistemática facilita la identificación de los seres vivos.

Sistema conceptual:



Conceptos básicos: artrópodo, exoesqueleto, pies articulados, insecto, crustáceos, arácnidos, miriápodos, cefalotórax, abdomen, antenas, gualíceros, parápodos

¿Cómo identificar los Artrópodos?

¿Cómo identificar las diferentes clases de Artrópodos?

Hacer

Aseveración de valor: La realización de la práctica facilita la identificación de los artrópodos y las diferentes clases de los mismos.

Aseveración de conocimiento:

Los artrópodos presentan exoesqueleto y patas articuladas y se diferencian por los apéndices y partes del cuerpo.

Transformaciones: Proceso de identificación de los diferentes tipos de artrópodos completando el cuadro de forma sistemática a nivel de clase.

Registros: Tabla de doble entrada

	Ejem. 1	2	3	4
Partes del cuerpo				
Nº patas				
Apéndices				
Clase				

Evento: Práctica de identificación de artrópodos.

- Lupa, colección de invertebrados
- Pinzas, material de laboratorio en general

Figura 5. Un diagrama V hecho por estudiantes de Biología en una práctica de laboratorio.

Veamos!

El aprendizaje significativo es aquello en el cual los nuevos conocimientos adquieren significado por interacción con conocimientos específicamente relevantes. Dicha interacción es no-arbitraria y no al pie de la letra. Es decir, la internalización no es palabra por palabra: el sujeto atribuye también significados idiosincrásicos a los nuevos conocimientos.

El profesor, como mediador, debe “negociar significados” para que en un episodio de enseñanza el alumno capte, y venga a compartir, los significados aceptados en el contexto de la materia de enseñanza.

Las condiciones para el aprendizaje significativo son 1) que el material instruccional sea potencialmente significativo y 2) que el sujeto presente una disposición para aprender. Potencialmente significativo quiere decir que el material tiene significado lógico y que el aprendiz tiene los subsumidores adecuados en su estructura cognitiva. Disposición para aprender significa que el sujeto debe presentar una intencionalidad de relacionar los nuevos conocimientos a sus conocimientos previos.

Supongamos entonces que dichas condiciones están satisfechas, que el profesor haga bien su papel de mediador y que, de hecho, ocurra el aprendizaje significativo, cuál es la importancia de los diagramas V en ese proceso?

Lo que pasa es que no es suficiente que el alumno aprenda significativamente los conceptos, las definiciones y las metáforas de un determinado cuerpo de conocimiento. Es necesario también que aprenda que todo eso es construcción humana, invención del hombre, o sea, que el conocimiento humano es construido.

Exactamente ahí entra el diagrama V y por eso es también conocido por uve epistemológica: es un instrumento heurístico para ayudar a desvelar el proceso de producción de conocimiento. Como se ha dicho en el comienzo de este trabajo, el conocimiento humano generalmente está “empaquetado” en artículos, libros, ensayos, tesinas, tesis y otras formas de documentarlo. Al utilizar el diagrama V, el alumno debe identificar los conceptos, las teorías, los registros, las metodologías, usados en la producción de un cierto conocimiento. Con eso, probablemente percibirá que tal conocimiento fue producido como respuesta a una cierta pregunta. Podrá también percibir que está en las preguntas la fuente del conocimiento humano y si las preguntas fueran distintas el conocimiento también lo sería. Podrá igualmente darse cuenta que si los conceptos, los registros, las metodologías, fueron diferentes serían otras las respuestas (es decir, el conocimiento) a las preguntas-foco.

Naturalmente, para que pase esto el diagrama V deberá ser “negociado”, discutido, reconstruido y en ese proceso la interacción social y el papel mediador del profesor son claves.

Conclusión

El objetivo de este trabajo fue el de presentar el diagrama V como un instrumento heurístico, de naturaleza epistemológica, potencialmente facilitador de un aprendizaje significativo en ciencias. Aprender ciencias no es solamente dar significados a los conceptos y

modelos² científicos y usarlos en la resolución de problemas. Es también aprender que esos conceptos y modelos son contruidos, es decir, inventados por el hombre. En ese sentido el diagrama V puede ser un recurso didáctico muy útil.

En el anexo, figuras 6 y 7 se dan dos ejemplos adicionales para ayudar en la construcción de un diagrama V.

Bibliografía

Domínguez, M.E. (1985). *A entrevista clínica como instrumento de avaliação da aprendizagem de conceitos físicos em eletricidade*. Dissertação de mestrado. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.

Gowin, D.B. (1981). *Educating*. Ithaca, NY: Cornell University Press.

Gowin, D.B.; Alvarez, M. (2005). *The art of educating with V diagrams*. New York: Cambridge University Press.

Jamett, C.H.D.; Buchweitz, B.; Moreira, M.A. (1986). Laboratório de Física: uma análise do currículo. *Ciência e Cultura*, 38(12): 1995-2003.

Moreira, M.A. (1990). *Pesquisa em ensino: o Vê epistemológico de Gowin*. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária.

Moreira, M.A. (2006). *Mapas conceituais e diagramas V*. Porto Alegre: Ed. do Autor.

Moreira, M.A. (2011). *Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física.

Moreira, M.A.; Massoni, N.T. (2011). *Epistemologias do século XX*. São Paulo: E.P.U.

² Modelos no aparecen en el diagrama V, sin embargo podrían ser insertados en el domínio teórico-conceptual entre principios y teorías.

Un diagrama V hecho por alumnos de Biología

DOMINIO CONCEPTUAL

Filosofía :

El desarrollo de la microbiología está limitado por la propia tecnología en materia de microscopía, la cual nos aporta la experiencia necesaria para elaborar nuestros argumentos.

Teorías :

Distintos modelos de la estructura de la membrana plasmática que pretenden explicar también su fisiología : desde el modelo de Langmuir (1917) – monocapa de fosfolípidos – hasta el actual de Singer y Nicholson (1972) del mosaico fluido.

Principios :

- Los transportes de difusión pasiva simple, difusión facilitada, transporte activo, endocitosis y exocitosis justifican la permeabilidad de la membrana plasmática y las características que le proporcionan los lípidos.
- El transporte de moléculas e iones a través de la membrana puede ser pasivo (espontáneo) o activo (requiere aporte de energía).

Conceptos :

Lípidos, proteínas, célula, transporte, microscopía, permeabilidad, ...

¿Qué es la membrana plasmática ? ¿Cuál es su estructura ?
¿Qué funciones biológicas desempeña ?

interacción



DOMINIO METODOLÓGICO

Aseveraciones de valor :

La membrana es una estructura fundamental que puede explicar gran parte de las patologías de la célula.

Aseveraciones de conocimiento :

Es una delgada lámina de 75 Å de grosor que envuelve completamente a la célula y la separa del medio externo. Según el modelo actual, la membrana plasmática está compuesta por un mosaico fluido de proteínas que flotan como icebergs en un mar de fosfolípidos que se disponen en una bicapa lipídica.

Funciones :

- Permeabilidad selectiva (mediante distintos tipos de transporte).
- Producir, modular y conservar gradientes electroquímicos entre los dos medios.
- Recibir y transmitir señales.
- Controlar el desarrollo y la división celular.
- Delimitar compartimientos dentro de la célula

Transformaciones :

El comportamiento anfipático de los lípidos de la membrana le confiere a ésta la capacidad de autoensamblaje, autosellado, fluidez e impermeabilidad (a sustancias polares).

Datos :

- Permeabilidad a sustancias lipófilas.
- La permeabilidad a sustancias no disociables depende de la solubilidad en lípidos.
- Comportamiento anfótero.
- Ruptura de la membrana ; se consigue con enzimas digestivos de lípidos o proteínas.
- Composición general :
lípidos (glicerofosfolípidos, glucolípidos) y proteínas de distintos tipos.

Evento/objeto :

Estudio microscópico de la membrana plasmática

Figura 6 – V epistemológica elaborada por un grupo de estudiantes de COU (17/18 años) relativa al estudio de la membrana plasmática, en la asignatura de Biología. (La Laguna, Tenerife; cedido por la Profesora María Luz Rodríguez Palmero). Se percibe en este diagrama que los alumnos se han confundido en la parte de registros, datos y transformaciones. Los registros son de los eventos y objetos en estudio; transformaciones iniciales generan datos y nuevas transformaciones pueden llevar a aseveraciones de conocimiento, pero eso no está claro en el diagrama.

Un diagrama V para la epistemología de Laudan

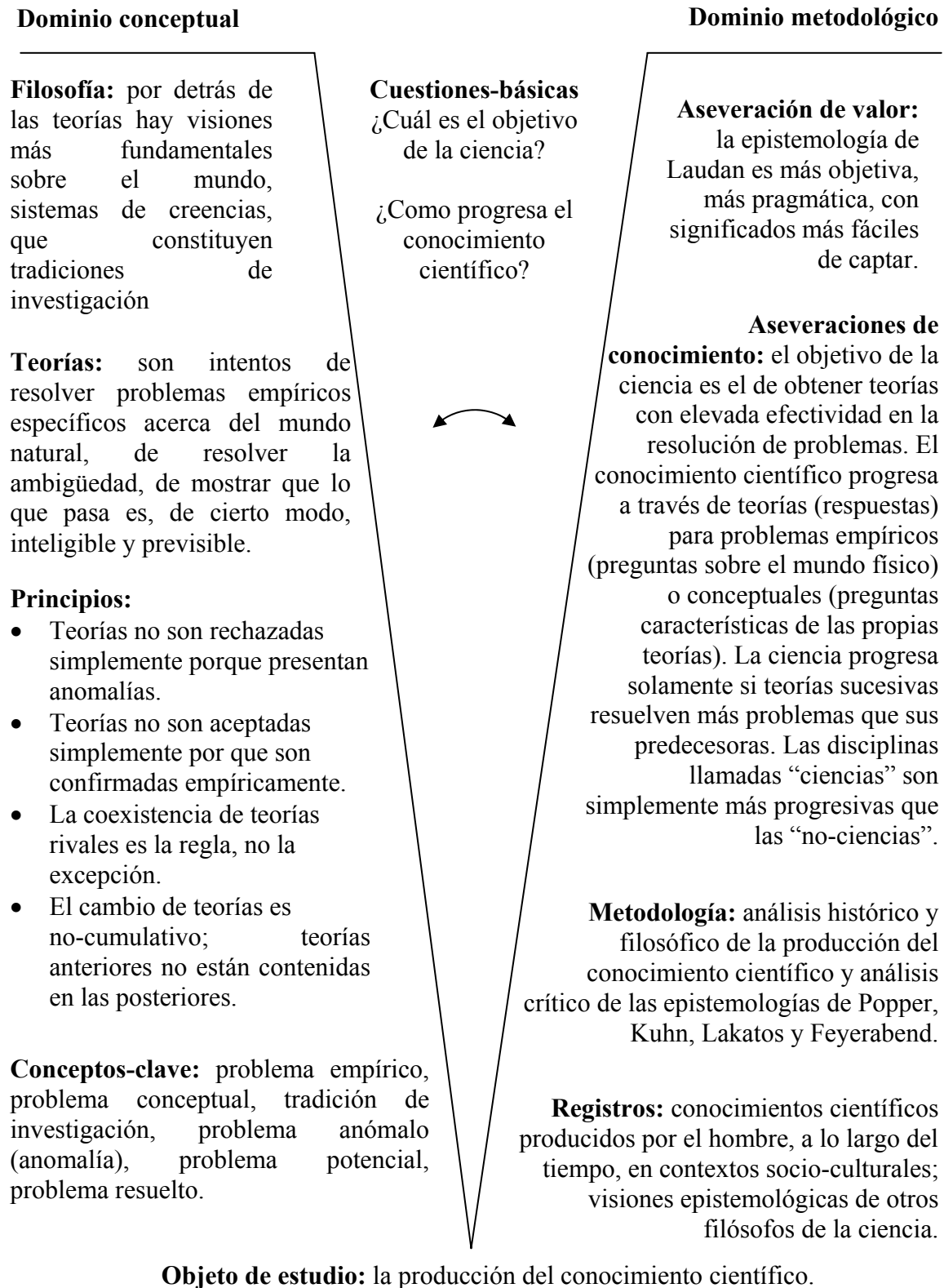


Figura 7 – Un diagrama V para la epistemología de Laudan (Moreira y Massoni, 2011, p. 39).

UNIDADES DE ENSEÑANZA POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS - UEPS*

Potentially Meaningful Teaching Units - PMTU

Marco Antonio Moreira
Instituto de Física - UFRGS
Código Postal 15051 - Campus
91501-970 - Porto Alegre, RS
moreira@if.ufrgs.br
<http://moreira.if.ufrgs.br>

Resumen

Se propone la construcción de una secuencia didáctica fundamentada en teorías de aprendizaje, particularmente la del aprendizaje significativo. Partiendo de la premisa de que no hay enseñanza sin aprendizaje, de que la enseñanza es el medio y el aprendizaje es el fin, se propone esa secuencia como una *Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa* (UEPS). Se sugieren pasos para su construcción, se dan ejemplos y se presenta un glosario de los términos técnicos utilizados.

Palabras-clave: unidad de enseñanza, aprendizaje significativo, enseñanza potencialmente significativa.

Abstract

The construction of a didactic sequence is proposed based on learning theories, specially the meaningful learning one. Assuming that there is no teaching without learning, that teaching is a means and learning is the goal, such a sequence is proposed as a *potentially meaningful teaching unit* (PMTU). Steps for its construction are suggested, examples are given, and a glossary of the technical terms involved is provided.

Keywords: teaching unit, meaningful learning, potentially meaningful teaching.

Introducción

En los centros de enseñanza, sea primaria, secundaria o superior, los profesores¹les presentan a los alumnos conocimientos que éstos supuestamente deben saber. Los alumnos copian tales conocimientos como si fuesen informaciones que tienen que ser memorizadas, reproducidas en las evaluaciones, y después olvidadas. Ésta es la forma clásica de enseñar y aprender, basada en la narrativa del profesor y en el aprendizaje mecánico del alumno.

Las teorías de aprendizaje sugieren otras maneras de entender la enseñanza y el aprendizaje. Los resultados de la investigación básica en enseñanza también, pero ni unas ni otras llegan a la práctica real del día a día de los centros de enseñanza. No se trata aquí de echarles la culpa a los psicólogos educacionales, educadores, investigadores, profesores y alumnos, pero el hecho es que el modelo de la narrativa es aceptado por todos – alumnos, profesores, padres, la sociedad en general – como “el modelo” y el aprendizaje mecánico como “el aprendizaje”. En la práctica, una gran pérdida de tiempo.

* Original a ser sometido a publicación

¹ Profesores y alumnos serán usados a lo largo de este texto como términos generales, refiriéndose al cuerpo docente y al discente sin ninguna alusión a género.

Con la intención de contribuir para modificar, por lo menos en parte, esa situación, se propone en este trabajo la construcción de *Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas*. Son secuencias de enseñanza fundamentadas teóricamente, orientadas al aprendizaje significativo, no mecánico, que pueden estimular la investigación aplicada en enseñanza, es decir la investigación dedicada directamente a la práctica de la enseñanza en el día a día de las clases.

Construcción de la UEPS

Objetivo: desarrollar unidades de enseñanza potencialmente facilitadoras del aprendizaje significativo de temas específicos de conocimiento declarativo y/o procedimental.

Filosofía: sólo hay enseñanza cuando hay aprendizaje y éste debe ser significativo; enseñanza es el medio, aprendizaje significativo es el fin; materiales de enseñanza que tengan como objetivo alcanzar ese aprendizaje deben ser potencialmente significativos.

Marco teórico: la teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel (1968, 2000), en visiones clásicas y contemporáneas (Moreira, 2000, 2005, 2006; Moreira y Masini, 1982, 2006; Masini y Moreira, 2008; Valadares y Moreira, 2009), las teorías de educación de Joseph D. Novak (1977, 1980) y de D.B. Gowin (1981), la teoría interaccionista social de Lev Vygotsky (1987), la teoría de los campos conceptuales de Gérard Vergnaud (1990; Moreira, 2004), la teoría de los modelos mentales de Philip Johnson-Laird (1983) y la teoría del aprendizaje significativo crítico de M.A. Moreira (2005).

Principios:

- el conocimiento previo es la variable que más influye en el aprendizaje significativo (Ausubel);
- pensamientos, sentimientos y acciones están integrados en el ser que aprende; esa integración es positiva, constructiva, cuando el aprendizaje es significativo (Novak);
- es el alumno quien decide si quiere aprender significativamente determinado conocimiento (Ausubel; Gowin);
- organizadores previos muestran la relación entre nuevos conocimientos y conocimientos previos;
- las situaciones-problema son las que dan sentido a nuevos conocimientos (Vergnaud); deben ser pensadas para despertar la intencionalidad del alumno para el aprendizaje significativo;
- situaciones-problema pueden funcionar como organizadores previos;
- las situaciones-problema deben ser propuestas en niveles crecientes de complejidad (Vergnaud);
- frente a una nueva situación, el primer paso para resolverla es construir, en la memoria de trabajo, un modelo mental funcional, que es un análogo estructural de esa situación (Johnson-Laird);
- en la organización de la enseñanza, hay que tener en cuenta la diferenciación progresiva, la reconciliación integradora y la consolidación (Ausubel);
- la evaluación del aprendizaje significativo debe ser realizada en términos de búsqueda de evidencias;

- el papel del profesor es el de proveedor de situaciones-problema, cuidadosamente seleccionadas, de organizador de la enseñanza y mediador de la captación de significados de parte del alumno (Vergnaud; Gowin);
- la interacción social y el lenguaje son fundamentales para la captación de significados (Vygotsky);
- un episodio de enseñanza supone una relación triádica entre alumno, docente y materiales educativos, cuyo objetivo es llevar al alumno a captar y compartir significados que son aceptados en el contexto de la materia de enseñanza (Gowin);
- esa relación podrá ser cuadrática en la medida en la que el ordenador no sea usado meramente como material educativo;
- el aprendizaje debe ser significativo y crítico, no mecánico (Moreira);
- el aprendizaje significativo crítico es estimulado por la búsqueda de respuestas (cuestionamiento) en lugar de la memorización de respuestas conocidas, por el uso de la diversidad de materiales y estrategias educacionales, por el abandono de la narrativa en favor de una enseñanza centrada en el alumno (Moreira).

Aspectos secuenciales (*pasos*):

1. definir el tema específico que será abordado, identificando sus aspectos declarativos y procedimentales tal y como se aceptan en el contexto de la materia de enseñanza en la que se inserta el tema escogido;

2. crear/proponer situación(ones) – discusión, cuestionario, mapa conceptual, situación-problema, etc. – que lleve(n) al alumno a exteriorizar su conocimiento previo, aceptado o no aceptado en el contexto de la materia de enseñanza, supuestamente relevante para el aprendizaje significativo del asunto (objetivo) en pauta;

3. proponer situaciones-problema, en un nivel bastante introductorio, teniendo en cuenta el conocimiento previo del alumno, que preparen el terreno para la introducción del conocimiento (declarativo o procedimental) que se pretende enseñar; estas situaciones-problema pueden incluir, desde ya, el asunto en pauta, pero no para empezar a enseñarlo; tales situaciones-problema pueden funcionar como organizador previo; son las situaciones que dan sentido a los nuevos conocimientos, pero para eso el alumno tiene que percibirlos como problemas y debe ser capaz de modelarlos mentalmente; los modelos mentales son funcionales para el aprendiz y resultan de la percepción y de conocimientos previos (invariantes operatorios); estas situaciones-problema iniciales se pueden proponer a través de simulaciones computacionales, demostraciones, vídeos, problemas del cotidiano, representaciones vehiculadas por los medios de comunicación, problemas clásicos de la materia de enseñanza, etc., pero siempre de modo accesible y problemático, es decir, no como ejercicio de aplicación rutinaria de algún algoritmo;

4. una vez trabajadas las situaciones iniciales, se presenta el conocimiento que debe ser enseñado/aprendido, teniendo en cuenta la diferenciación progresiva, es decir, empezando con aspectos más generales, inclusivos, dando una visión inicial del todo, de lo que es más importante en la unidad de enseñanza, pero después se ponen ejemplos, abordando aspectos específicos; la estrategia de enseñanza puede ser, por ejemplo, una breve exposición oral seguida de una actividad colaborativa en pequeños grupos que, a su vez, debe ser seguida de una actividad de presentación o discusión en el grupo grande;

5. a continuación, se retoman los aspectos más generales, estructurantes (es decir, lo que efectivamente se pretende enseñar), del contenido de la unidad de enseñanza, en nueva presentación (que puede ser a través de otra breve exposición oral, de un recurso computacional, de un texto, etc.), pero con un nivel más alto de complejidad con relación a la primera presentación; las situaciones-problema deben ser propuestas en niveles crecientes de complejidad; dar nuevos ejemplos, destacar semejanzas y diferencias con relación a las situaciones y ejemplos ya trabajados, o sea, promover la reconciliación integradora; después de esta segunda presentación, hay que proponer alguna otra actividad colaborativa que lleve los alumnos a interactuar socialmente, negociando significados, contando con el profesor como mediador; esta actividad puede ser la resolución de problemas, la construcción de un mapa conceptual o un diagrama V, un experimento de laboratorio, un pequeño proyecto, etc., pero necesariamente tiene que haber negociación de significados y la mediación docente;

6. concluyendo la unidad, se da continuidad al proceso de diferenciación progresiva retomando las características más relevantes del contenido en cuestión, pero desde una perspectiva integradora, o sea, buscando la reconciliación integrativa; eso debe ser realizado a través de una nueva presentación de los significados que puede ser, otra vez, una breve exposición oral, lectura de un texto, recurso computacional, audiovisual, etc.; lo importante no es la estrategia en sí, sino el modo de trabajar el contenido de la unidad; después de esta tercera presentación, se deben proponer y trabajar nuevas situaciones-problema en un nivel más alto de complejidad con relación a las situaciones anteriores; esas situaciones deben ser resueltas en actividades colaborativas y después presentadas y/o discutidas en el grupo grande, siempre contando con la mediación del docente;

7. la evaluación del aprendizaje en la UEPS debe ser realizada a lo largo de su implementación, anotando todo lo que pueda ser considerado evidencia de aprendizaje significativo del contenido de la misma; además, debe haber una evaluación sumativa después del sexto paso, en la que se deben proponer cuestiones/situaciones que impliquen comprensión, que manifiesten captación de significados e, idealmente, alguna capacidad de transferencia; tales cuestiones/situaciones deben ser previamente validadas por profesores experientes en la materia de enseñanza; la evaluación del desempeño del alumno en la UEPS deberá estar basada, en pie de igualdad, tanto en la evaluación formativa (situaciones, tareas resueltas colaborativamente, registros del profesor) como en la evaluación sumativa;

8. la UEPS solamente será considerada exitosa si la evaluación del desempeño de los alumnos suministra evidencias de aprendizaje significativo (captación de significados, comprensión, capacidad de explicar, de aplicar el conocimiento para resolver situaciones-problema). El aprendizaje significativo es progresivo, el dominio de un campo conceptual es progresivo; por eso, el énfasis en evidencias, no en comportamientos finales.

Aspectos transversales:

- en todos los pasos, los materiales y las estrategias de enseñanza deben ser diversificados, el cuestionamiento debe ser privilegiado con relación a las respuestas memorizadas y el diálogo y la crítica deben ser estimulados;
- como tarea de aprendizaje, en actividades desarrolladas a lo largo de la UEPS, se le puede pedir a los alumnos que ellos mismos propongan situaciones-problema relativas al asunto en cuestión;

- aunque la UEPS deba privilegiar las actividades colaborativas, la misma puede también prever momentos de actividades individuales.

Diagramas: con la intención de enfocar de otra manera la construcción de una UEPS, así como de ilustrar diagramas que pueden ser útiles en las actividades colaborativas propuestas en ella, son presentados a continuación dos tipos de diagramas.

Diagrama V

La Figura 1 presenta un diagrama V (Gowin, 1981) para esquematizar el proceso de construcción de una *Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa*.

Mapa Conceptual

En la Figura 2 es presentado un mapa conceptual (Moreira, 2010) para diagramar de otro modo la construcción de una Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa.

Dominio Conceptual

Filosofía: sólo hay enseñanza cuando hay aprendizaje y éste debe ser significativo; enseñanza es el medio, aprendizaje significativo es el fin; materiales de enseñanza deben ser potencialmente significativos.

Teorías: del aprendizaje significativo de Ausubel; de educación de Novak y Gowin; de la interacción social de Vygotsky; de los campos conceptuales de Vergnaud; de los modelos mentales de Johnson-Laird; del aprendizaje significativo crítico de Moreira.

Principios:

- el conocimiento previo es la variable que más influye en el aprendizaje;
- el aprendizaje significativo depende de la intencionalidad del aprendiz;
- los materiales y las estrategias de enseñanza deben ser potencialmente significativos;
- lo que da sentido a los conceptos son las situaciones;
- la primera acción cognitiva para resolver una situación-problema es la construcción de un modelo mental en la memoria de trabajo;
- el profesor es el organizador de la enseñanza, proveedor de situaciones y mediador de la captación de significados;
- la evaluación debe buscar evidencias de aprendizaje significativo; éste es progresivo;
- un episodio educativo supone una relación entre alumno, docente y materiales educativos dentro de un contexto;
- el aprendizaje debe ser significativo y crítico.

Conceptos: aprendizaje significativo; aprendizaje mecánico, situaciones-problema; modelos mentales; negociación de significados; captación de significados; diferenciación progresiva; reconciliación integradora; consolidación; mediación; progresividad; organizadores previos; aprendizaje significativo

Fenómeno de interés:
enseñanza
y
aprendizaje

Pregunta central:
¿cómo construir unidades de enseñanza potencialmente facilitadoras del aprendizaje significativo de asuntos específicos de conocimiento declarativo y/o procedimental?

Dominio Metodológico

Aseveraciones de valor: el mayor valor de la UEPS reside en el hecho de que es una secuencia didáctica teóricamente fundamentada y, por eso, con mayor potencial de éxito en la facilitación del aprendizaje significativo.

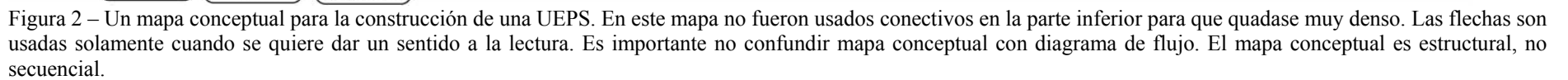
Aseveraciones de conocimiento: teniendo en cuenta el conocimiento previo del alumno, los organizadores previos, la diferenciación progresiva, la reconciliación integradora y la consolidación; proponiendo actividades colaborativas a respecto de situaciones-problema; mediando la negociación y la captación de significados; proveendo situaciones-problema y mediando el proceso; buscando evidencias de aprendizaje significativo dentro de una perspectiva de progresividad y complejidad; desestimulando el aprendizaje mecánico.

Transformaciones: organización e implementación de la UEPS, a partir de una filosofía educacional, de teorías y principios de aprendizaje significativo.

Registros: conocimientos curriculares específicos para ser trabajados en situación formal de enseñanza; conocimientos previos de los alumnos; materiales didácticos; estrategias de enseñanza diversificadas; producciones de los alumnos..

Evento: construcción de unidades de enseñanza potencialmente significativas (UEPS)

Figura 1. Un diagrama V para la construcción de una UEPS.



Glosario

Aprendizaje significativo: aprendizaje con significado, comprensión, capacidad de explicar, de aplicar el conocimiento adquirido a nuevas situaciones; resulta de la interacción cognitiva no arbitraria y no literal entre conocimientos previos y nuevos conocimientos; depende fundamentalmente de conocimientos previos que le permitan al aprendiz captar significados (en una perspectiva interaccionista, dialéctica, progresiva) de los nuevos conocimientos y de su intencionalidad para esa captación.

Aprendizaje significativo crítico: es aquella perspectiva que permite al sujeto formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, estar fuera de ella. Es a través de ese aprendizaje que el individuo podrá formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, no ser subjugado por ella, por sus ritos, sus mitos y sus ideologías. Por medio de ese aprendizaje, podrá trabajar la incertidumbre, la relatividad, la no causalidad, la probabilidad, la no dicotomización de las diferencias. (Moreira, 2005)

Aprendizaje mecánico: es la memorización, sin significado, de informaciones que serán reproducidas a corto plazo; aprender mecánicamente es simplemente memorizar. Desde el punto de vista cognitivo, las informaciones son interiorizadas prácticamente sin interacción con conocimientos previos. En el cotidiano escolar, es la “decoreba”.

Actividad colaborativa: resolución de tareas (problemas, mapas conceptuales, construcción de un modelo, realización de una experiencia de laboratorio, etc.) en pequeños grupos (de dos a cuatro participantes), con participación de todos los integrantes y presentación al grande grupo, del resultado, del producto obtenido; ese resultado debe ser alcanzado como un consenso del pequeño grupo que será sometido a apreciación crítica por parte del grande grupo.

Evaluación formativa: es la que evalúa el progreso del alumno a lo largo de una fase de su aprendizaje; la que contribuye para la regulación del aprendizaje, en curso, en el progresivo dominio de un campo conceptual; es una evaluación continua que se ocupa de los significados enseñados y en proceso de captación por el alumno.

Evaluación sumativa: es la que pretende evaluar el alcance de determinados objetivos de aprendizaje al final de una fase de aprendizaje; es aquella usualmente basada en pruebas de final de unidad, en exámenes finales.

Captación de significados: los conocimientos (conceptos, proposiciones, constructos, ...) de una determinada materia de enseñanza tienen significados que son aceptados en el contexto de esa materia, que son compartidos por una comunidad de usuarios; para aprender significativamente esa materia, el alumno tiene que, en primer lugar, captar esos significados para, después, decidir si quiere incorporarlos a su estructura cognitiva de manera sustantiva y no arbitraria; para Gowin (1981), la captación de significados es anterior y es condición, para que pueda haber aprendizaje significativo.

Conocimiento declarativo: es el conocimiento que puede ser verbalizado, declarado de alguna manera, se refiere al conocimiento sobre objetos y eventos; es representado mentalmente por proposiciones e imágenes mentales.

Conocimiento previo: conceptos subsunsores, representaciones, esquemas, modelos, constructos personales, concepciones alternativas, invariantes operatorios, en fin, cogniciones ya existentes en la estructura cognitiva del aprendiz.

Conocimiento procedimental: es el conocimiento que consiste en habilidades cognitivas que se requieren para saber hacer algo; es el conocimiento sobre cómo ejecutar acciones; estaría representado mentalmente por medio de producciones, o sea, reglas sobre condiciones y acciones.

Consolidación: es uno de los principios programáticos ausubelianos de la materia de enseñanza (juntamente con la diferenciación progresiva, la reconciliación integradora y la organización secuencial), según el cual es necesario insistir en el dominio o maestría de lo que se está estudiando, antes de introducir nuevos materiales, con el objetivo de asegurar una continua prontitud en la materia de enseñanza y éxito en el aprendizaje secuencialmente organizado. Sin embargo, este principio debe ser compatibilizado con la progresividad del aprendizaje significativo y con la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora.

Diagrama V: es un instrumento heurístico, creado por D.B. Gowin (1981), para facilitar la comprensión del proceso de construcción del conocimiento; por eso mismo, es también llamado de Uve epistemológica. En el centro de la V está la cuestión-clave, la pregunta básica de un proceso de producción de conocimiento; en el lado izquierdo está el dominio conceptual (conceptos, principios, teorías, filosofías) y en el derecho el dominio metodológico (registros, datos, transformaciones metodológicas, respuestas posibles a la pregunta básica). En términos simples, se puede decir que el lado izquierdo de la V corresponde al pensar y el lado derecho al hacer; la producción de conocimientos resulta de la interacción entre un dominio conceptual (pensar) y un dominio metodológico (hacer). En la punta de la Uve está el evento o el objeto de estudio del que se hacen registros que, transformados metodológicamente, generan afirmaciones de conocimiento (respuestas) sobre las cuales se realizan afirmaciones de valor.

Diferenciación progresiva: como principio programático de la materia de enseñanza, significa que ideas, conceptos, proposiciones más generales e inclusivos del contenido deben ser presentados al inicio de la enseñanza y deben ser, progresivamente, diferenciados, a lo largo del proceso, en términos de detalles y especificidades. Desde el punto de vista cognitivo, es lo que sucede con determinado subsunsores a medida que sirve de ancladero para nuevos conocimientos en un proceso interactivo y dialéctico.

Invariantes operatorios: son conocimientos que están en los esquemas. Esquema es la organización de la conducta para una clase de situaciones. Los invariantes operatorios son contenidos de los esquemas. Hay dos tipos de invariantes operatorios que son componentes esenciales de los esquemas: teoremas-en-acción y conceptos-en-acción. Teoremas-en-acción son proposiciones tenidas como verdaderas sobre lo real. Concepto-en-acción es un predicado, una categoría de pensamiento tenida como pertinente, relevante, para una dada situación. (Vergnaud, 1990).

Mapa conceptual: es un diagrama jerárquico de conceptos y relaciones entre conceptos; jerárquico significa que en ese diagrama, de alguna forma, se percibe que algunos conceptos son más relevantes, más amplios, más estructurantes, que otros; esa jerarquía no es necesariamente vertical, de arriba abajo, aunque sea muy usada. En el mapa conceptual, las relaciones entre los conceptos son indicadas por líneas que los unen; sobre esas líneas se

colocan palabras que ayudan a explicitar la naturaleza de la relación; esas palabras, que muchas veces son verbos, se llaman palabras de enlace, conectivos, conectores. La idea es que los dos conceptos más la palabra de enlace formen una proposición en lenguaje sintético. El mapa conceptual tiene el objetivo de reflejar la estructura conceptual del contenido que se está diagramando. Es importante no confundirlo con un diagrama de flujo, cuadro sinóptico, mapa mental y otros tipos de diagramas.

Mapa mental: es una función natural de la mente humana – es el pensamiento “irradiado” libremente desde una imagen central, o de una palabra-clave, como si fueran “ramificaciones” (*branches*); tópicos menos importantes también son representados como ramificaciones ligadas a otras de más alto nivel; las ramificaciones forman una estructura nodal conectada (Buzan y Buzan, 1994; Ontoria et al., 2004). En el mapa mental las asociaciones son totalmente libres, mientras que en el mapa conceptual son aquellas aceptadas en el contexto de la materia de enseñanza.

Material potencialmente significativo: el significado está en las personas, no en las cosas. Entonces, no hay, por ejemplo, libro significativo o clase significativa; sin embargo, libros, clases, materiales didácticos de un modo general, pueden ser potencialmente significativos y para eso deben tener significado lógico (tener estructura, organización, ejemplos, lenguaje adecuado, en fin, tienen que ser aprendibles) y los sujetos tienen que tener conocimientos previos adecuados para dar significado a los contenidos vehiculados por esos materiales.

Memoria de trabajo: es el sistema cognitivo que permite al individuo mantener activa una cantidad de informaciones limitada (7 ± 2 ítems) por un corto periodo de tiempo. Antes, en el comienzo de la revolución cognitiva de los años 50, era llamada de *memória de corto plazo*. Hoy asúmesese que su principal función es la de almacenar temporariamente resultados de computaciones mentales intermedias cuando se resuelve problemas. (Wilson y Keil, 2001).

Modelo mental: es un análogo estructural de un estado de cosas del mundo que el sujeto construye en su memoria de trabajo. Frente a una nueva situación, los esquemas de asimilación del sujeto no funcionan, entonces, para enfrentar la nueva situación, el sujeto construye mentalmente un modelo funcional, recursivo, de esa situación, con una estructura análoga. Entonces, hace inferencias y, dependiendo de la eficacia de esas inferencias, modifica el modelo recursivamente, pudiendo, incluso descartarlo. Dependiendo del sucesivo encuentro con situaciones de la misma clase, el modelo mental puede estabilizarse o evolucionar para esquema de asimilación.

Negociación de significados: en realidad no es exactamente una negociación; es más un intercambio, una exteriorización de significados: el profesor que ya domina los significados aceptados en el contexto de la materia de enseñanza se los presenta al alumno. Éste debe externalizar al profesor cómo está captando esos significados. Si esa captación no corresponde a los significados contextualmente aceptados en la materia de enseñanza, el profesor debe presentarlos otra vez, de otra forma, y el alumno debe exteriorizarlos nuevamente. Eso puede ocurrir varias veces hasta que el aprendiz comparta los significados aceptados en el contexto de la materia de enseñanza. Es eso lo que se entiende por negociación de significados. Puede ser un largo proceso en el que el profesor hace la mediación para la captación de significados por parte del estudiante.

Organizador previo: material didáctico introductorio presentado antes del material que se ha de aprender, en un nivel más alto de abstracción, generalidad e inclusividad. Según Ausubel

(1968), su principal función es servir de puente entre lo que el aprendiz ya sabe y lo que debería saber con el fin de que el nuevo conocimiento pudiera ser aprendido significativamente. En la práctica, organizadores previos funcionan mejor cuando explicitan la *relacionabilidad* entre nuevos conocimientos y aquéllos existentes en la estructura cognitiva del aprendiz. Muchas veces el aprendiz tiene el conocimiento previo, pero no percibe que está relacionado con el nuevo conocimiento que se le está presentando.

Reconciliación integradora: desde el punto de vista educacional, es un principio programático de la materia de enseñanza, según el cual la enseñanza debe explotar relaciones entre ideas, conceptos, proposiciones y apuntar semejanzas y diferencias importantes, reconciliando discrepancias reales o aparentes. En términos cognitivos, en el curso de nuevos aprendizajes, conocimientos ya establecidos en la estructura cognitiva pueden ser reconocidos como relacionados, reorganizarse y adquirir nuevos significados. Esta recombinação de elementos previamente existentes en la estructura cognitiva es la reconciliación integradora desde el punto de vista de la organización cognitiva.

Recursividad: es la posibilidad de rehacer las tareas de aprendizaje; es el aprovechamiento del error como recurso de aprendizaje. Modelos mentales, por ejemplo, son recursivos. Frente a una situación nueva, el sujeto construye un modelo mental de trabajo. Si el modelo no funciona, lo va modificando recursivamente hasta que le satisfaga. Mapas conceptuales, por ejemplo, pueden ser realizados recursivamente: el estudiante hace su primer mapa y lo presenta al docente o a los colegas. Después de recoger los comentarios, sugerencias y críticas, el mapa puede ser realizado de nuevo y puede ser presentado nuevamente.

Sentido: según Vygotsky (1987), sentido es la suma de los eventos psicológicos que la palabra, o la situación, evoca en la conciencia; es un todo fluido y dinámico, con zonas de estabilidad variable, de las cuales la más estable y precisa es el significado. Significado es una construcción social, de origen convencional, relativamente estable, pero mutable y contextual. El sentido es personal, el significado es social.

Situación-problema: significa tarea, no necesariamente problema de fin de capítulo; puede ser la explicación de un fenómeno, de una aparente contradicción, la construcción de un diagrama, las posibilidades son muchas, pero, independientemente de cuál sea la tarea, es esencial que el aprendiz la perciba como un problema. Por ejemplo, no sirve de nada proponer un “problema” que el alumno entienda sólo como un ejercicio de aplicación de fórmula. Situaciones-problema y conceptualización guardan entre sí una relación dialéctica: son las situaciones las que dan sentido a los conceptos, pero a medida que el sujeto va construyendo conceptos, más capaz será de tener éxito ante nuevas situaciones, cada vez más complejas. En la enseñanza, las situaciones se deben proponer en niveles crecientes de complejidad, pero es importante un cierto dominio de un determinado nivel de complejidad antes de pasar al próximo. En todo eso está implícito el concepto de campo conceptual propuesto por Vergnaud (1990) como un campo de situaciones-problema, cuyo dominio es progresivo, lento, con rupturas y continuidades.

Referencias

- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology – a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston. 685p.
- Ausubel, D.P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 212p.
- Buzan, T. and Buzan, B. (1994). *The mind map book*. New York, NY: Button Books. 230p.
- Gowin, D.B. (1981). *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press. 210p.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 513p.
- Moreira, M.A. e Masini, E.F.S. (1982). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes. 112p.
- Moreira, M.A. e Masini, E.F.S. (2006). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro Editora. 2ª ed. 111p.
- Moreira, M A. (2002). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: Visor. 100p.
- Moreira, M. A. (2004). (Org.) *A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a investigação nessa área*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS. 107p.
- Moreira, M.A. (2005). *Aprendizagem significativa crítica*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS. 45p.
- Moreira, M.A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação na sala de aula*. Brasília: Editora da UnB. 185p.
- Moreira, M.A. (2010). *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. São Paulo: Centauro Editora.
- Masini, E.A.F. e Moreira, M.A. (2008). *Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam ao comprometimento*. São Paulo: Vetor Editora. 295p.
- Novak, J. D. (1977). *A theory of education*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press. 295p.
- Ontoria, A., De Luque, A. e Gómez, T.P.R (2004). *Aprender com mapas mentais*. São Paulo: Madras. 168p.
- Valadares, J.A. e Moreira, M.A. (2009). *Aprendizagem significativa: sua fundamentação e implementação*. Coimbra: Edições Almedina. 132p.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Récherches en Didactique des Mathématiques*, 10(23): 133-170.
- Vygotsky, L. (1987). *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes. 1ª Ed. Brasileira. 135p.

ANEXO 1

PROPUESTA DE UEPS PARA ENSEÑAR EL MODELO ESTÁNDAR DE LA FÍSICA DE PARTÍCULAS

M.A. Moreira *

Objetivo: enseñar el Modelo Estándar de las Partículas Elementales en la Enseñanza Secundaria.

Secuencia:

1. *Situación inicial:* construir con los alumnos un mapa conceptual sobre la constitución de la materia; inicialmente, se les pregunta de qué está compuesta la materia y se van escribiendo en la pizarra las palabras que vayan diciendo; después, se destacan las palabras que ellos creen que son más importantes y, enseguida, se colocan en un diagrama jerárquico (mapa conceptual); finalmente, pedir que cada alumno explique, por escrito, con sus propias palabras el mapa construido colectivamente; esta explicación individual deberá ser entregue al profesor al final de esta actividad inicial que ocupará la primera clase de esta UEPS.

2. *Situaciones-problema:* por ejemplo, a) si el núcleo del átomo está constituido por partículas cargadas positivamente (protones), ¿por qué ese núcleo no explota?; b) si cargas eléctricas negativas y positivas se atraen, ¿por qué los electrones no son absorbidos por el núcleo?; c) si electrones y protones tienen masa, ¿cuál es el papel de la interacción gravitacional en la estabilidad del átomo?; d) ¿cuál es el papel de los neutrones en la estructura del átomo?; e) ¿tendría sentido pensar que las partículas atómicas básicas (electrones, protones y neutrones) podrían estar constituidas por otras aún más elementales? Todas estas situaciones deben ser discutidas en el grande grupo con mediación docente, sin llegar necesariamente a respuestas.

A continuación, distribuir copias individuales del artículo *Partículas e interacciones* (Moreira, M.A., 2004, *Física en la Escuela*, v.5, n.2, pp.10-14), dar tiempo para que los alumnos lo lean y, después se reúnan en pequeños grupos (entre dos y cuatro participantes en cada grupo) y construyan una tabla similar a la Tabla 1 del artículo, pero simplificada. Una vez concluidas, hacer un intercambio de tablas de modo que cada grupo corrija, comente, haga sugerencias, sobre la tabla de otro grupo. Cuando el grupo recibe de vuelta la tabla, podrá modificarla y entregar la versión final al profesor. Esta etapa de la UEPS ocupará dos o tres clases.

3. *Revisión:* iniciar la clase con una revisión, o sea, una mini-clase expositiva, sobre lo que se ha visto hasta ahora sobre la constitución de la materia, abriendo espacio para preguntas de los alumnos. A continuación presentar un vídeo, de 20 a 30 minutos, sobre Partículas Elementales (por ejemplo, v. BBC. The Big. Bang. Machine. MVGroup). Después del vídeo, distribuirles a los alumnos los artículos *Un mapa Conceptual para partículas elementales* (Moreira, M.A., 1989, *Revista Brasileira de Enseñanza de Física*, v.11, pp. 114-129) y *Un mapa conceptual para interacciones fundamentales* (Moreira, M.A., 1990, *Enseñanza de las Ciencias*, v.8, n.2, pp.133-139) y pedirles que hagan, en pequeños grupos, un mapa

* Profesor de Física General en cursos de grado y de Física Moderna y Contemporánea en la Maestría Profesional en Enseñanza de la Física de la UFRGS.

conceptual para partículas elementales e interacciones fundamentales, o sea, un mapa integrando, de modo simplificado, los dos mapas que están en los artículos. Por lo menos algunos de estos mapas conceptuales deberán ser presentados al grande grupo (en *data show* si posible, o en la pizarra, en murales, tipo cartel, hechos con papel y rotuladores). Los mapas de cada grupo serán entregados al profesor que los revisará y devolverá en la próxima clase para que los alumnos los modifiquen, si quieren, y lleguen a una versión final. Esta actividad también ocupará entre dos y tres clases.

4. *Nueva situación problema, con nivel más alto de complejidad*: construir un diagrama V para el Modelo Estándar. Hacer una exposición inicial, con ejemplos, sobre lo que es un diagrama V y cuál su propuesta, o sea, para qué sirve. Destacar la naturaleza epistemológica de la V. A continuación, distribuir a todos el artículo *Una Uve epistemológica para la Física de Partículas* (Moreira, M.A., 2010, *Revista Chilena de Educación Científica*, 9(1): 24-30) y pedirles que construyan, en pequeños grupos, un diagrama V para el Modelo Estándar, pero con la siguiente pregunta básica “¿Cómo el Modelo Estándar de las Partículas Elementales muestra que la Física es una construcción humana, que el conocimiento científico es construido?”. Se presentarán algunos de esos diagramas al grande grupo para discusión y todos los diagramas serán entregados al profesor para evaluación cualitativa; en función de esa evaluación, los diagramas pueden ser rehechos por los alumnos. Actividad prevista para dos o tres clases.

5. *Evaluación sumativa individual*: esta actividad, que ocupará una clase, tiene que ser anunciada previamente para los alumnos, no debe ser de sorpresa. Proponerles preguntas abiertas en las que los alumnos puedan expresar libremente su comprensión del Modelo Estándar. Hacer preguntas, pedir algún esquema o diagrama que dé evidencias de aprendizaje significativo. No apostar en el “verdadero o falso”.

6. *Clase expositiva dialogada integradora final*: retomar todo el contenido de la UEPS, rever los mapas y el diagrama V de los artículos trabajados en las clases anteriores. Llamar la atención para el potencial descriptivo y explicativo del Modelo Estándar con relación a la constitución de la materia. Destacar las dificultades superadas por esa teoría, las previsiones confirmadas, así como las dificultades aún existentes y que pueden llevar a cambios o a su abandono en favor de otra más explicativa.

7. *Evaluación del aprendizaje en la UEPS*: se debe basar en los trabajos realizados por los alumnos, en las observaciones hechas en las clases y en la evaluación sumativa individual, cuyo peso no deberá ser superior a 50%.

8. *Evaluación de la propia UEPS*: deberá ser hecha en función de los resultados de aprendizaje obtenidos. Reformular algunas actividades, si es necesario.

Total de horas-clase: de 9 a 12

ANEXO 2

PROPUESTA DE UEPS PARA ENSEÑANZA DE TÓPICOS DE MECÁNICA CUÁNTICA

Adriane Griebeler¹

Objetivo: facilitar la adquisición de significados de conceptos básicos de Mecánica Cuántica en la Enseñanza Secundaria - *cuantización, incertidumbre, objeto cuántico, estado, superposición de estados.*

Secuencia:

1. Situación inicial: los alumnos serán incentivados a elaborar un **mapa mental** sobre la Física Cuántica (FC). En el mapa mental el sujeto tiene total libertad para hacer asociaciones entre sus conocimientos, sus representaciones, sus cogniciones, a partir de una palabra-clave o una imagen central. Así, los alumnos podrán relacionar la FC con otros ramos de la Física y/o con su cotidiano, sus representaciones sociales. Los alumnos entregarán los mapas mentales a la profesora. A continuación, para pensar sobre el asunto, los alumnos recibirán la letra y oirán la música *Cuanta*, de Gilberto Gil. La actividad ocupará una clase.

2. Situaciones-problema iniciales:

- a) ¿Qué ha leído, oído, o visto sobre Física Cuántica?
- b) ¿Dónde es aplicada la Física Cuántica? ¿Qué estudia?
- c) ¿En qué se diferencia la Física Cuántica de las otras áreas de la Física (Mecánica, Termodinámica, Electromagnetismo, etc.)?
- d) ¿Qué es un quantum de materia? ¿Y un quantum de energía?
- e) ¿Cuál es su opinión sobre los siguientes anuncios? (Recortes de revistas o páginas web que anuncien “cursos o terapias cuánticas”, traídos por la profesora.) ¿Ya ha oído hablar o ha tenido contacto con algún tipo de terapia que se denomina cuántica?

Todas las cuestiones/situaciones deberán ser discutidas en el grupo grande, bajo la mediación de la profesora, con la intención de oír la opinión del grupo, estimular la curiosidad sobre el asunto, sin necesidad de llegar a una respuesta final.

A continuación será distribuida una copia individual del artículo *Física Cuántica para Todos* (Texto parcialmente adaptado de Nunes, A. L., 2007, *Física Cuántica para Todos*, XVII SNEF.) que está disponible en el material de apoyo organizado por la profesora. Se dará un tiempo para que los alumnos lean el texto y después se reúnan en pequeños grupos para discutir el texto y hacer un resumen o un diagrama, o un dibujo, en actividad colaborativa. El producto de esa actividad será entregado a la profesora y servirá de evaluación cualitativa. Después de la corrección, se les devolverá a los alumnos, permitiendo que los rehagan en función de sus comentarios. El desarrollo de esta etapa ocupará tres clases.

3. Profundizando conocimientos: se trabajarán los conceptos de cuantización, objeto cuántico, incertidumbre, estado y superposición de estados. Estos contenidos se presentarán a través de

¹ Estudiante de Máster Profesional en Enseñanza de Física de la UFRGS. Profesora de Física en la Escuela Estadual de Enseñanza Media Dr. Carlos Antonio Kluwe, Bagé, RS, Brasil.

textos y también en diapositivas, incentivando discusiones en el grupo grande. Al final de la introducción de los nuevos contenidos, se retomarán los anuncios, cuestionando los alumnos sobre la validez de las proposiciones anunciadas y su visión sobre hasta qué punto estas apropiaciones son legitimadas por la Física. La etapa será desarrollada en 3 clases.

4. *Nueva situación:* los conceptos se presentarán nuevamente en la forma de un vídeo. El vídeo escogido fue *Mecánica Cuántica*, producido por la Discovery, disponible en <http://www.youtube.com/watch?v=pCgR6kns5Mc>. Después, los alumnos se reunirán en pequeños grupos y se les pedirá que elaboren un **mapa conceptual** para Mecánica Cuántica. Para eso, se hará una exposición inicial sobre cómo construir un mapa conceptual y se les presentarán algunos ejemplos. Después, los mapas serán intercambiados entre los grupos para que los alumnos hagan comparaciones y sugerencias y algunos mapas serán presentados al grupo grande. Todos los mapas deben ser entregados a la profesora para evaluación. Estos mapas serán evaluados cualitativamente y se devolverán a los alumnos que podrán rehacerlos y entregarlos nuevamente a la profesora. Esta actividad ocupará 3 clases.

5. *Comparando mapas:* en la clase siguiente se desarrollará una actividad utilizando los mapas mentales elaborados en la primera clase y los mapas conceptuales en la clase anterior. Será realizada una comparación cualitativa entre esos mapas, buscando aspectos que suponen concepciones alternativas o representaciones sociales, sobre la Física Cuántica, posiblemente presentados en los mapas mentales construidos en la primera clase y su probable ausencia en los mapas conceptuales. Tal aspecto será utilizado para abordar nuevamente el asunto y explicarles a los alumnos que la Física Cuántica no puede ser usada para dar fundamento científico a los asuntos presentados en anuncios.

6. *Diferenciando progresivamente:* se presentarán nuevas situaciones problema, relativas a los conceptos de cuantización, objeto cuántico, incertidumbre, estado y superposición de estados, principalmente en forma de imágenes, como la del Gato de Schrödinger, disponible en <http://averomundo-jcm.blogspot.com/2009/10/gatos-e-virus.html> y también se iniciará la confección de un pequeño periódico de la clase con pequeños artículos, viñetas, o figuras sobre los asuntos abordados. La elaboración de ese periódico será mediada por la profesora y será expuesto en el colegio para lectura de toda la comunidad escolar. La actividad será desarrollada en 3 clases.

7. *Evaluación individual:* será realizada una evaluación individual a través de preguntas abiertas sobre los conceptos abordados en la unidad. La actividad ocupará una clase.

8. *Clase final y evaluación de la UEPS en la clase:* análisis de las respuestas a las preguntas propuestas en la evaluación individual. Comentarios finales integradores sobre el asunto abordado. Evaluación oral por parte de los alumnos sobre las estrategias de enseñanza utilizadas y sobre su aprendizaje. La actividad ocupará una clase. Las manifestaciones de los alumnos serán grabadas en audio, con el consentimiento de los mismos.

9. *Evaluación de la UEPS:* análisis cualitativo, de parte de la profesora, sobre las evidencias que percibió, o no, de aprendizaje significativo de los conceptos de la unidad, en la evaluación individual y en la observación participante, así como de la evaluación de la UEPS realizada por los alumnos en la última clase.

Total de horas-clase: 16

ANEXO 3

PROPUESTA DE UEPS PARA ENSEÑAR INMUNOLOGÍA BÁSICA

Viviane A. Andrade*

Contexto: Esta unidad de enseñanza fue planificada y desarrollada para un curso de extensión en Inmunología Básica, con duración de 40 horas (12 encuentros), ofrecido a alumnos de un Curso Técnico de Nivel Medio de Enfermería.

Objetivo: enseñar Inmunología Básica (Anatomía y Fisiología del Sistema Inmunológico), con base en una de las ideas centrales de la Biología, según Novak (1970), la homeostasis.

1. Actividades iniciales (2 encuentros): proponer situaciones de enseñanza que favorezcan una amplia exposición de los conocimientos previos de los alumnos. Se sugiere, antes de la presentación del tema, la realización de tres actividades iniciales: una pregunta introductoria amplia, acerca de los asuntos que los discentes esperan estudiar; preguntas relacionadas al tema (*¿Cómo actúa el sistema inmunológico en el contexto del organismo humano?; Cite palabras y/o términos relacionados al sistema inmunológico; Identifique dos situaciones en las que el sistema inmunológico actuará en su organismo*) que serán respondidas individualmente, sin recurrir a fuentes de consulta; discusión oral y colectiva, orientada por las preguntas y respuestas de las cuestiones previamente respondidas.

Enseguida, presentar un breve relato sobre la historia de la Inmunología y su contexto de desarrollo en el mundo occidental, destacando el proceso de construcción de este conocimiento. Después de la presentación, proponer una discusión valiéndose de la pregunta: *¿El hombre en los días de hoy desarrolla la viruela?* Cuando los alumnos hayan llegado a una respuesta para esta pregunta, presentar una síntesis del artículo de Lobato et al. (2005). Proponer y orientar una nueva discusión con base en la síntesis de este trabajo. Por fin, conducir la discusión con la presentación de preguntas para reflexión: *Y el Sistema Inmunológico... ¿Cómo se encuadra en este contexto? ¿Cómo actúa...?* Suministrar textos, sobre la historia de la Inmunología, para lectura y discusión en la clase siguiente, y los artículos de Lobato et al. (2005) y de Porto y Puente (2003) para lectura complementaria.

Presentar la parte inicial de la película “Yu-Gi-Oh™” (hasta 35 minutos), como organizador previo de la idea central homeostasis. Verificar si el juego Yu-Gi-Oh (y/u otros del mismo tipo), presentado por la película, es familiar al grupo de alumnos. Después de la proyección de la película, presentar una situación-problema (*Es posible establecer alguna relación de la regla del juego con la actuación del Sistema Inmunológico y el mantenimiento de la vida en el “mundo vivo”?*) de nivel introductorio, cuyo propósito es favorecer la relación de los conocimientos previos de los alumnos sobre el juego Yu-Gi-Oh!™, con una idea central de la Biología, homeostasis. De esta forma, se pretende preparar el alumno para la presentación del conocimiento que se quiere enseñar, Inmunología Básica.

2. Situaciones-problema iniciales¹: a) *Si el sistema inmunológico “defiende” el organismo, ¿cómo y qué sucede en este proceso?;* b) *¿Cuáles son las estructuras implicadas en este proceso?;* c) *Y el Sistema Inmunológico ¿Cómo se encuadra en este contexto? ¿Cómo actúa?.*

*Máster Profesional en Enseñanza en Biociencias y Ciencias de la Salud, Instituto Oswaldo Cruz, FIOCRUZ. Profesora del Centro Federal de Educación Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, RJ, Brasil.

3. Revisión²: Revisar los conceptos *Vida* y *ser vivo*. Enfocar el concepto homeostasis. Proponer el establecimiento de relaciones entre el concepto homeostasis y otros asuntos ya estudiados por los alumnos en las diversas asignaturas ya realizadas en su curso, y con el juego (organizador previo). Proponer la utilización del juego didáctico *Imunostase card game*³ juego con mecánica⁴ semejante a la de la película proyectada. También se les puede proponer la construcción de nuevas cartas para el juego.

4. El proceso de enseñanza (6 encuentros): proponer la identificación de los sistemas que componen el organismo humano, con base en una figura esquemática, y, enseguida, presentar una nueva situación-problema: *¿Cuál es el resultado de la interacción y del funcionamiento de todos estos sistemas en el organismo humano?* Con base en las respuestas obtenidas y anotadas en la pizarra, iniciar la presentación del material instruccional. Presentar los tópicos: concepto de inmunidad; barreras primarias del organismo; anatomía del Sistema Inmunológico y respuesta inflamatoria. Suministrar una lista de ejercicios (con preguntas abiertas) como tarea que deberán hacer y presentar en la clase siguiente. Pedirles que piensen sobre la posibilidad de realizar cartas con base en los contenidos presentados y en sus experiencias académicas y personales. Realizar la actividad de “corrección” de la lista de ejercicios, con el objetivo de promover la negociación y compartir significados. O sea, con discusiones en grupos, seguidas de la discusión en la clase para presentar una propuesta de resolución colectiva para cada pregunta.

Posteriormente, presentar preguntas ya conocidas por los alumnos como *¿Cuál(s) es el papel(s) del sistema inmunológico en el organismo?* y *¿Cuál es el resultado de la acción del sistema inmunológico en el organismo?* Y preguntas que no son familiares como: *Comente las afirmaciones Los agentes infecciosos son comunes, pero las infecciones son raras. ¿Hay más bacterias en el organismo que células humanas!; Describa la acción del sistema inmunológico en el organismo de la Bella Durmiente, mediante la lesión causada en su dedo en el huso de la rueda; ¿Cuáles son las principales características físicas del proceso inflamatorio?* Se sugiere que estas preguntas sean corregidas en el mismo formato de la lista de ejercicios. Con esta medida se pretende “enculturar” los alumnos en la práctica de negociación y de compartir significados, para resolver diferentes tipos de cuestiones (situaciones), generando situaciones en el ambiente de enseñanza, fundamentales en el proceso de aprendizaje significativo, que favorezcan la verbalización de los alumnos a respecto del tema abordado en las clases. Presentar los tópicos procesamiento y presentación del antígeno y selección clonal. Proyectar animaciones⁵ para ilustrar la dinámica de los procesos. Al término de la clase, proponer preguntas que favorezcan la reconciliación integradora de las ideas presentadas y discutidas: *¿Cuál es el resultado de la acción del sistema inmunológico en el organismo? ¿Cuál es su relación con los demás sistemas que constituyen el organismo?*

Proponer la ordenación secuencial de los eventos inmunológicos citados y la resolución de tres cuestiones (*1. La secuencia de eventos enumerada en la cuestión anterior a*

¹ Se recomienda que todas las preguntas (situaciones-problema) y actividades sean discutidas en grupo con mediación docente.

² En el inicio de la clase, de manera general, revisar los tópicos trabajados en la(s) clase(s) anterior(es).

³ Juego desarrollado por Andrade (2011), en el contexto del Máster Profesional en Enseñanza en Biociencias y Salud, Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz/RJ.

⁴ La mecánica del juego es la dinámica que mueve el juego, o simplemente *cómo* jugar. La mecánica se puede basar en tablero, estrategias, batallas históricas, cartas de eventos, etc. (Marcelo y Pescuite, 2009)

⁵ <http://www6.ufrgs.br/favet/imunovet/animacoes/mhci.html> / <http://www6.ufrgs.br/favet/imunovet/animacoes/mhcii.html>

qué tipo de respuesta inmunológica se refiere (celular o humoral)? Justifique su respuesta. 2. ¿La lesión sufrida por el organismo que realizó la respuesta inmunológica alcanzó los vasos sanguíneos? Justifique su respuesta. 3. Describa otra estrategia que el organismo podría haber utilizado para realizar el mismo tipo de respuesta citada en la pregunta 01.) Presentar los tópicos, memoria inmunológica, inmunoglobulinas, tolerancia inmunológica, hipersensibilidad, autoinmunidad y enfermedad de deficiencia inmunológica.

5. Nueva situación problema, en nivel más alto de complejidad: retomar el juego *Imunostase card game* y proponerles a los alumnos que establezcan relaciones entre los eventos inmunológicos y las posibles cartas y estrategias de jugadas referentes al juego didáctico a ser utilizado y los resultados de éstas en el organismo del adversario. Esta etapa ocupará dos o tres encuentros.

Proponer el estudio del caso titulado “*El niño que no produce anticuerpos*” publicado en la *Folha de São Paulo* el 28/06/2009. La actividad consistirá en *Escribir un texto presentando las posibles explicaciones sobre: ¿qué le pasa al organismo de Vitor? ¿Por qué? ¿Personas con inmunodeficiencia primaria tienen dificultad en combatir las infecciones? ¿Qué medida sugiere para resolver definitivamente el problema inmunológico de Vitor?* Presentar cuadros de vacunación propuestos por el Ministerio de la Salud y por la Sociedad Brasileña de Pediatría. Con base en esos cuadros, se les solicitará la resolución de cuestiones como: *¿Qué motivos justifican la indicación de la realización de inmunizaciones en el inicio de la vida de los individuos? En su opinión, ¿por qué hay diferencias en los calendarios de vacunación propuestos por el Ministerio de la Salud y por la Sociedad Brasileña de Pediatría?*

6. Evaluación: la evaluación del aprendizaje se basará en los trabajos realizados por los alumnos a lo largo del curso, en las observaciones realizadas por la docente y, también, por una evaluación formal.

7. Clase final integradora: retomar todo el contenido de la UEPS, rever los casos y actividades y estrategias de jugadas trabajadas en las clases anteriores. Destacar la relación de la idea central con todos los tópicos abordados y con otros tópicos ya estudiados por los alumnos. Destacar las dificultades del estudio y de la investigación del tema, la importancia de este conocimiento para la comprensión de los cuadros de salud y de enfermedad, los avances del área de conocimiento y las limitaciones de las explicaciones aún hoy existentes y que, con el avance de las investigaciones y de la producción de conocimientos, se podrá llegar a cambios o al abandono de explicaciones mejores para los eventos inmunológicos.

8. Evaluación de la UEPS: a partir de evidencias de aprendizaje significativo obtenidas, o no, a lo largo del desarrollo de las actividades.

Referencias

- Andrade, V.A. (2011). *Imunostase – uma atividade lúdica para o ensino de Imunologia*. (Disertación en Enseñanza en Biociencias y Salud) - Enseñanza en Biociencias y Salud, Instituto Oswaldo Cruz, Río de Janeiro.
- Andrade, V.A.; Lemos, E.S. Uma proposta didática para o ensino de Imunologia. (en prensa)
- Lobato, Z.I.P., et al.(2005) *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 57 (4): 423-429.
- Novak, J.D. (1970) *The improvement of Biology teaching*. New York: Bobbs-Merrill Co.
- Porto, A., Ponte, C.F. (2003) Vacinas e campanhas: imagens de uma história a ser contada. *Hist. Cienc. Saúde-Manguinhos.* 10 (sup 2), 725-742.

ANEXO 4

PROPUESTA DE UEPS PARA ENSEÑAR EQUILIBRIO QUÍMICO

Agosto Serrano *

Objetivo: enseñar el concepto de Equilibrio Químico en la Enseñanza Secundaria dentro de los diferentes niveles de representación de un fenómeno químico.

Secuencia:

1. Situación Inicial: hacer una demostración experimental o mostrar un vídeo sobre la influencia de la temperatura en el Equilibrio Químico de $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$. Explicar que el NO_2 es un gas marrón, mientras que el N_2O_4 es un gas incoloro.

2. Situación-problema: explicar, utilizando la pizarra, la reacción directa $N_2O_4 \Rightarrow 2NO_2$, que resulta en la formación de un gas marrón, y la reacción inversa $N_2O_4 \Leftarrow 2NO_2$ que resulta en la formación de un gas incoloro. Preguntarles a los alumnos cómo es posible que el gas demostrado en la secuencia (1) cambie de color de acuerdo con la temperatura. ¿La reacción química “para” cuando el color se estabiliza? Si la reacción química “para”, ¿al cambiar la temperatura, reinicia? ¿Cómo puede la reacción química “parar” si las moléculas están en constante movimiento? Y si la reacción no “para”, ¿cómo se estabiliza el color? Estas situaciones-problemas deben ser discutidas en el grupo grande, mediado por el profesor.

3. Exposición dialogada: el profesor ahora debe introducir el concepto de equilibrio químico dinámico, contraponiéndolo al equilibrio químico estático, siempre relacionándolo al hecho de que la reacción química no “para”. Conceptos previos de reacción directa e inversa deben ser utilizados, así como los de concentración y velocidad de la reacción. Para eso, se debe utilizar el nivel representacional simbólico (fórmulas químicas) en la pizarra. Finalmente, se llega al concepto de equilibrio como el de la coexistencia de las dos reacciones citadas anteriormente, ocurriendo con la misma velocidad. Así se efectúa una diferenciación progresiva a partir de una situación-problema inicial (2) que será utilizada como organizador previo y, finalmente, por medio de una reconciliación integradora de los conceptos de velocidad, concentración y reacción directa/inversa se llega al el concepto de equilibrio químico.

4. Nueva situación-problema: aquí se sugiere que el docente utilice la simulación computacional gratuita Equil v.2.0¹, donde el equilibrio químico es explicado utilizando los tres niveles de representación² de un fenómeno químico simultáneamente (Gabel, 1993). El nivel de complejidad de la situación-problema es el mismo, pero se introducen diferentes representaciones (con diferentes invariantes operatorios) que deben ser trabajadas y comprendidas individualmente (etapa de diferenciación progresiva) y después integradas, de forma que todas las etapas de la reacción química, sea de su inicio, apenas con reactivos formando productos en la reacción directa, pasando por el aumento de la velocidad de la

* Profesor del Programa de Posgrado en Enseñanza de Ciencias y Matemática de la Universidad Luterana de Brasil (ULBRA).

¹ Disponible en: <http://www.gabriela.trindade.nom.br/equil-v1-portugues/>

² Los tres niveles son: simbólico (ecuaciones, gráficos); sensorio (color de la mezcla, olor); microscópico (moléculas).

reacción inversa, hasta la igualdad de estas velocidades al alcanzar el equilibrio químico, sean comprendidas por la comprensión simultánea de todos los niveles de representación. Enseguida, sugerimos que se realice un mapa conceptual en pequeños grupos, permitiendo la exposición y discusión de los mapas de cada grupo para toda la clase, siempre con el objetivo de responder las preguntas propuestas inicialmente.

5. Evaluación Sumativa Individual: utilizando evaluaciones individuales bajo la forma de situaciones-problema de equilibrio químico, el profesor debe cuestionar los alumnos sobre su comprensión del fenómeno de equilibrio (Orlandi, Camargo y Serrano, 2006) observando siempre (aunque no sólo) si hay evidencias de:

- comprensión de gráficos de concentración de las reacciones directas e inversas (nivel simbólico);
- comprensión de gráficos de velocidad de las reacciones directas e inversas, llegando a valores iguales cuando están en equilibrio (nivel simbólico);
- comprensión del significado de la doble flecha en la ecuación química, significando que las reacciones directas e inversas tienen lugar de manera simultánea, y utilizando flechas más grandes para representar una reacción directa con mayor velocidad en el inicio y viceversa (nivel simbólico);
- capacidad de construir modelos mentales que sean capaces de representar moléculas con alguna representación aceptable para el nivel de enseñanza y sus objetivos (moléculas bi o tridimensionales, o incluso esferas que representan moléculas, caso el alumno comprenda que se trata sólo de una representación simplificada al extremo – nivel microscópico);
- capacidad de hacer que las representaciones moleculares se muevan mentalmente, ora no chocándose, ora chocándose y, cuando se chocan, que puedan reaccionar químicamente bajo la forma directa (reactivos \rightarrow productos) o inversa (productos \rightarrow reactivos), (nivel microscópico = modelos moleculares);
- ser capaz de, dentro de este modelo mental, comprender que la tasa de formación de productos sea igual a la de reactivos y que esta reacción no para, siendo ésta la explicación para la estabilidad del color del mezcla (nivel macroscópico = sensorio).

6. Clase expositiva final: utilizar todos los conceptos ya explicados, en todos los niveles representacionales trabajados para discutir ejemplos históricos donde el concepto de equilibrio químico haya sido abordado, para destacar la importancia de la comprensión de cada uno de los puntos de la evaluación sumativa individual (5) para la formación científica-cultural del alumno. Se sugiere la explicación del papel de la campaña de Napoleón Bonaparte en Egipto, bajo la figura del químico Claude Louis Berthollet (Bensaude-Vincent & Stengeres, 1992) en el establecimiento de este concepto. Otro ejemplo que se puede citar es el de la síntesis del amoníaco y su aplicación bélica, proceso *Haber-Bosch* (Brown, Lemay and Bursten, 1999) o ejemplos del cotidiano o de la naturaleza: formación de estalactitas y estalagmitas, provocadas debido a la reversibilidad de las reacciones (Kotz & Treichel, 2002) y otros fenómenos tales como lentes fotocromáticas y la reacción reversible del ácido carbónico en refrescos.

7. Evaluación del aprendizaje en la UEPS: el profesor deberá registrar evidencias de aprendizaje significativo mediante la adquisición y dominio de niveles representacionales que los alumnos, individualmente, no utilizaban dentro de este campo conceptual. Además, estas representaciones deben ser articuladas y utilizadas para resolver situaciones problema típicas

de equilibrio químico (problemas del tipo algoritmo), pero también para explicar el concepto de equilibrio químico y situaciones de equilibrio químico tanto para los otros compañeros como para el profesor. Si el profesor verifica que la adquisición de estas representaciones tornó el concepto de equilibrio químico más natural para el estudiante, entonces se puede concluir que hubo un aprendizaje significativo.

8. Evaluación de la propia UEPS: La UEPS sólo podrá ser considerada exitosa si hay un progresivo dominio del concepto de equilibrio químico mediante la adquisición de diferentes niveles representacionales, debidamente articulados y generando significados para el concepto de equilibrio químico.

Referencias

- Gabel, D. (1993). Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 70(3): 173-174.
- Orlandi, C. C., Camargo, M., Serrano, A. (2006). Avaliação e aplicação de simulação computacional no ensino de equilíbrio químico. *Acta Scientiae*, 8(1): 79-84.
- Bensaude-Vincent, B., Stengers, I. (1992). *História da Química*. Instituto Piaget.
- Brown, T. L., Lemay, e Bursten B. E. (1999). *Química-Ciência Central*. Rio de Janeiro. LTC – Livros Técnicos Científicos. 7ª ed.
- Kotz, J. C., Treichel, P. (2002). *Química e reações químicas*. Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos. 4ª ed.