

Dificultades y superaciones en la construcción de mapas conceptuales sobre partículas elementales e interacciones fundamentales por alumnos de enseñanza media



Lisiane Araujo Pinheiro¹, Sayonara Salvador Cabral da Costa²,
Marco Antonio Moreira³

¹Escola Pública de Ensino Secundaria Padre Reus, Av. Otto Niemeyer, 650,
Porto Alegre, RS, Brasil, CEP 91910-001.

²Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias,
Universidad de Burgos, España.

³Instituto de Física, Universidad Federal de Río Grande del Sur,
Caja Postal 15051, 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.

E-mail: lisi.ap@terra.com.br

(Recibido el 27 de Octubre de 2010; aceptado el 12 de Marzo de 2011)

Resumen

Se presentan las dificultades y superaciones de un grupo de alumnos de una clase de tercer año de la Enseñanza Secundaria de una escuela pública de Porto Alegre, RS, Brasil, al elaborar mapas conceptuales sobre el tema Partículas Elementales e Interacciones Fundamentales. Se entiende que el análisis presentado puede contribuir con el trabajo de otros profesores e investigadores, que utilizan esta herramienta o que pretendan utilizarla, principalmente con relación a la potencialidad de la herramienta para un aprendizaje significativo: la construcción de un mapa conceptual, a pesar de ser un proceso aparentemente personal (o del consenso de un grupo, como fue en este caso) debe comprender varias etapas de perfeccionamiento, siempre mediadas por un especialista (profesor).

Palabras clave: Mapas conceptuales; Aprendizaje Significativo; Enseñanza de Física.

Abstract

This paper describes the difficulties and overcomings of third year students of a public high school in Porto Alegre, RS, Brazil, during the construction of concept maps about Elementary Particles and Fundamental Interactions. It is presumed that the analysis described may help the work of other teachers and researchers, who use this tool or intend to do so, especially concerning it as a potential tool for meaningful learning: the construction of a concept map, despite being a process apparently personal (or of the consensus of a group, as it was in this case) involves many stages of personal improvement always mediated by an expert (teacher).

Keywords: Concept Maps; Meaningful Learning; Physics Teaching.

PACS: 01.40.ek, 01.40.gb, 01.40.Ha

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

En este trabajo estamos presentando un recorte de una investigación respecto a una Unidad de Aprendizaje (UA) sobre Partículas Elementales e Interacciones Fundamentales implementada en una clase de tercer año de la Enseñanza Secundaria de una escuela pública de Porto Alegre, Brasil.

La UA fue elaborada desde la teoría socio-interaccionista de Vygotsky [1, 2], complementada por la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel [3, 4] y destacando aspectos de la historia y de la filosofía de la ciencia. Para esta Unidad fue construido un texto [5] y fueron diseñadas actividades [6].

En esta oportunidad, se presenta un análisis de la evolución en la construcción de mapas conceptuales por parte de grupos de alumnos de esta clase.

De acuerdo con los referenciales teóricos citados, se optó por la construcción de mapas conceptuales, una contribución relevante de Joseph Novak a la Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel, como estrategia facilitadora del aprendizaje significativo. Según Moreira [7], las ventajas en la utilización de mapas conceptuales pueden ser descritas por los siguientes argumentos: i) enfatizan la estructura conceptual del tema tratado y sus relaciones; ii) diferencian los conceptos en cuanto al grado de inclusividad y generalidad; iii) proporcionan una visión integrada del asunto.

Un mapa conceptual elaborado por un alumno podrá indicar el significado que este individuo le está atribuyendo a los conceptos que se están trabajando, de qué forma los está relacionando (jerarquía), reflejando la organización conceptual de un cuerpo de conocimientos o parte de éste [7]. Además, los mapas pueden explicitar los principios ausubelianos de la diferenciación progresiva y de la reconciliación integrativa.

El mapa conceptual puede ser utilizado por el profesor como un instrumento didáctico, de evaluación o como un recurso para el análisis de un contenido curricular. En este trabajo se presenta una experiencia de la utilización de mapas conceptuales como instrumento de evaluación del aprendizaje, construidos por los alumnos a partir de un texto, éste construido por el profesor de la clase y primer autor de este trabajo.

El uso de los mapas conceptuales fue concebido bajo la perspectiva de una evaluación formativa, según el aprendizaje significativo: no simplemente como una manera de poner a prueba los conocimientos de los alumnos para atribuirles una nota y acabar la evaluación. Por el contrario, fueron usados como un medio de obtener informaciones sobre el tipo de estructura que un pequeño grupo de alumnos elaboraba sobre un determinado tema. Según Moreira [6, p.19], al evaluarlos debemos centrar la atención en el análisis de los conceptos escogidos, en la relación establecida entre ellos, en fin, en cómo el alumno estructura, jerarquiza, diferencia, relaciona, discrimina e integra los conceptos de un determinado tema.

Pero un mapa conceptual no es único, no permanece estático en el tiempo, puede y probablemente será modificado durante la instrucción. Eso hace posible que el profesor acompañe los cambios en la estructura cognitiva del alumno durante su aprendizaje. Tampoco es auto-explicativo. Precisa de la explicación de su autor para ser comprendido. Este momento es especialmente importante para la evaluación del mapa, pues es en él donde tenemos la oportunidad de analizar las relaciones establecidas por los autores (en el presente caso, los alumnos) las cuales, muchas veces, no están explícitas en el mapa.

En la literatura encontramos varias propuestas en las que ya se utilizaron los mapas conceptuales como mediadores del aprendizaje significativo en Física, tales como: Krummenauer y Costa [8]; Martins, Linhares y Reyes [9] y Paulo [10].

Krummenauer y Costa [8] exponen la experiencia del uso de mapas conceptuales como instrumento de evaluación en una clase de Enseñanza Secundaria en la modalidad de Educación de Jóvenes y Adultos (EJA) al final de una unidad sobre Cinemática y Dinámica del Movimiento Circular Uniforme. Según los autores, algunas de las dificultades encontradas en su experiencia fueron la inhibición de los estudiantes al presentar sus mapas, aun escogiendo adecuadamente los conceptos relativos al tema abordado, los estudiantes presentaron dificultad en el uso de las palabras clave para relacionar estos conceptos. Además de las dificultades para trabajar con una herramienta nueva. Y como conclusión final sobre la utilización de mapas conceptuales, los autores dicen que, a pesar de las dificultades encontradas por los estudiantes durante la realización de la actividad, los

resultados fueron positivamente a favor del uso de los mapas como instrumento relevante para un aprendizaje significativo.

Martins, Linhares y Reyes [9] también relatan el uso de mapas conceptuales como instrumento de evaluación después del Estudio de Caso “La Mecánica del Vuelo de Aviones” en una asignatura en la Licenciatura en Física y otra en la Enseñanza Secundaria. Como el tema de este artículo está centrado en la Enseñanza Secundaria, nos restringiremos a comentar estos resultados. Conforme los autores exponen, la selección de los conceptos relevantes sobre el asunto tratado fue una de las dificultades iniciales para la elaboración de los mapas. Sin embargo, esos autores exponen que hubo superación por parte de la mayoría de los estudiantes durante la instrucción.

Paulo [10], al proponer la viabilidad de la enseñanza de Mecánica Cuántica en la Enseñanza Secundaria, utiliza los mapas conceptuales como una forma de evaluación. Enfatiza que esta tarea se presenta a los estudiantes como un desafío, pues requiere creatividad y reflexión sobre el tema tratado. Y al profesor, le posibilita una evaluación más amplia del aprendizaje de su alumno. Además de favorecer el análisis de la interacción entre el estudiante y el material didáctico utilizado, así como la interacción entre profesor y estudiante durante su elaboración.

Sin embargo, es importante considerar las advertencias de Moreira y Sperling [11]: los mapas conceptuales son potencialmente facilitadores del aprendizaje significativo, pero no son una garantía de este resultado. Es necesario hacer que los alumnos piensen sobre los mapas que elaboran. Tampoco se pueden olvidar las premisas básicas para un aprendizaje significativo: según Ausubel [7], los profesores deben tener en cuenta los conocimientos previos de los alumnos, así como su predisposición para aprender y negociar significados.

Por todo lo que se ha dicho, el objetivo de este trabajo es describir las dificultades identificadas en la elaboración de mapas conceptuales sobre Partículas Elementales por parte de un grupo de estudiantes de Enseñanza Secundaria, así como la evolución de estos mapas a lo largo de un corto período de tiempo, mediada por la negociación con la profesora-investigadora.

II. METODOLOGÍA

Como ya se ha dicho anteriormente, la elaboración de la UA se basó en las teorías de Ausubel y Vygotsky, añadiendo aspectos de la historia y de la filosofía de la ciencia. Todos los instrumentos y actividades de esta UA fueron elaborados para desempeñar la función de materiales potencialmente significativos, aspecto importante para que sea posible el aprendizaje significativo.

Cuando la UA fue aplicada, los veinticuatro alumnos de la clase fueron divididos en ocho grupos de tres alumnos cada uno. Estos grupos se mantuvieron constantes durante toda la UA.

Específicamente para la elaboración de los mapas conceptuales, los alumnos leyeron un texto sobre la elaboración del Modelo Estándar de las Partículas Elementales y sus limitaciones. Después de la lectura del

texto, los alumnos recibieron la tarea de elaborar un mapa conceptual sobre el tema Partículas Elementales. Para que los estudiantes fuesen capaces de realizar esta tarea, recibieron una breve instrucción sobre qué son mapas conceptuales y cómo deben ser construidos. Los mapas deberían ser presentados a los demás compañeros en fecha previamente establecida. Antes de la presentación, los alumnos tuvieron una hora para resolver dudas, o sobre el contenido abordado o sobre la elaboración de los mapas conceptuales.

Después de la presentación del primer mapa conceptual de parte de los alumnos, la profesora-investigadora presentó, como ejemplo, un mapa conceptual sobre Partículas Elementales publicado en una revista de enseñanza de la Física [12] y propuso que los alumnos rehiciesen sus mapas conceptuales y los presentasen de nuevo en la clase siguiente; también se ofreció para analizar y hacer comentarios sobre cada mapa, con cada grupo, individualmente. Sin embargo, de los ocho grupos que estaban realizando la actividad sólo dos quisieron debatir su trabajo.

Después de la presentación del segundo mapa conceptual, los grupos fueron entrevistados separadamente con la finalidad de discutir sus mapas. La entrega y presentación del tercer mapa fue realizada exclusivamente para la profesora-investigadora, debido a la falta de tiempo para las presentaciones en conjunto.

III. ANÁLISIS DE LA ELABORACIÓN DE LOS MAPAS CONCEPTUALES

Se analizarán solamente los tres mapas conceptuales de dos grupos de alumnos debido a la limitación impuesta cuanto al tamaño del artículo.

La evaluación de los mapas conceptuales no se basó solamente en los propios mapas, sino principalmente en la explicación que los grupos dieron de sus mapas, pues como ya fue dicho, los mapas no son auto-explicativos: necesitan de una explicación de su autor (o sus autores, como en este caso) para ser bien comprendidos. Incluso, se percibió que un análisis separado del instrumento, sin diálogo, dice muy poco sobre las relaciones que establecieron y la comprensión que tuvieron del asunto. Al hacer esta evaluación, tuvimos en cuenta que aprender a elaborar un mapa conceptual es un proceso que requiere tiempo; tal vez lo más adecuado fuese insertar esa actividad en los demás temas tratados durante el año lectivo de modo que los alumnos adquiriesen más familiaridad con la herramienta. Además de considerar que el mapa conceptual es una construcción personal (en este caso, consensual, de un grupo de alumnos).

El mapa presentado en la Figura 1 fue el primer mapa conceptual elaborado por el grupo A. Nos llamó la atención la elección del grupo: en lugar de conceptos pertinentes al asunto que estábamos tratando, fueron presentados nombres de científicos, entre ellos el más relevante para el grupo, *Alfred Nobel*. Al explicar esta opción el grupo se justificó diciendo que cada científico estaba relacionado a un concepto relevante en el tema tratado.

Es posible que esta primera dificultad esté relacionada con dificultades con el contenido abordado o con el material

didáctico utilizado para la instrucción. Además del texto ya comentado, también fue utilizada la película “El discreto encanto de las partículas elementales”, producida por la TV Cultura de São Paulo, basado en el libro homónimo de María Cristina Batoni Abdalla [13].

También vemos en el mapa de la Figura 1 que no hay uso de palabras clave que relacionen los diferentes conceptos. Y en cuanto a la relación jerárquica, es difícil hacer esta evaluación, pues, aunque aparentemente el mapa presente algunos puntos coherentes, en la explicación dada por los alumnos, ellos comprometen esa aparente coherencia. Eso se pudo verificar cuando relacionan los trabajos de *Iwanenko*, *Majorana* y *Heisenberg* al de *Yukawa* y *Powell*, *Lattes* y *Ochialini*, pues dicen:

Iwanenko, Majorana, Heisenberg: confirmaron la fuerza existente entre los electrones y los protones.

Yukawa: descubrió que la fuerza no era oriunda de los mesones (fuerza fuerte).

Powell, Lattes y Ochialini: descubrieron la existencia de dos tipos de mesones en la naturaleza.

El comentario sobre *Iwanenko*, *Majorana*, *Heisenberg* compromete los demás. Pues la contribución de estos científicos se refiere a la posibilidad de que los protones y neutrones, constituyentes del núcleo atómico, se comporten como partículas únicas denominadas nucleones.

En cuanto a las explicaciones, esas fueron compartimentadas, el grupo no consiguió articular sus ideas de forma integrada. Por ejemplo, al referirse a *Rutherford*, *Wolfgang Pauli* y *Paul Dirac* dicen:

Rutherford: confirmó la existencia del núcleo del átomo y que, presente en ese núcleo, estarían partículas positivas y negativas.

Wolfgang Pauli: descubrió el neutrino.

Paul Dirac: confirmó la existencia del positrón (primera antipartícula).

Cuanto a los aspectos conceptuales, hay errores, como se puede verificar: *Rutherford* realmente confirmó la existencia del núcleo atómico, pero al describir la composición del núcleo, se equivocan. Pues el núcleo atómico está compuesto por protones y neutrones.

Al citar estos tres científicos, relacionados en el mapa, no presentan interacción entre sus ideas, ni unas con las otras ni en el contexto general del mapa.

Sobre el mapa presentado en la Figura 1 es difícil decir si el grupo no comprendió qué es un mapa conceptual o en qué medida el contenido abordado dificultó este trabajo; el propio grupo no supo decir cuáles fueron sus dificultades. Este grupo no se interesó en discutir el mapa con la profesora-investigadora.

En la Figura 2 presentamos el primer mapa conceptual elaborado por el grupo D. Los conceptos escogidos para componer el mapa fueron considerados satisfactorios. Sin embargo, este mapa no presenta uso de palabras clave para unir los conceptos y las relaciones entre ellos son un poco confusas. Eso pudo ser constatado cuando el grupo empezó la presentación del mapa: de abajo a arriba. Conforme transcurría la explicación, ascendía en dirección al concepto de *partículas elementales*.

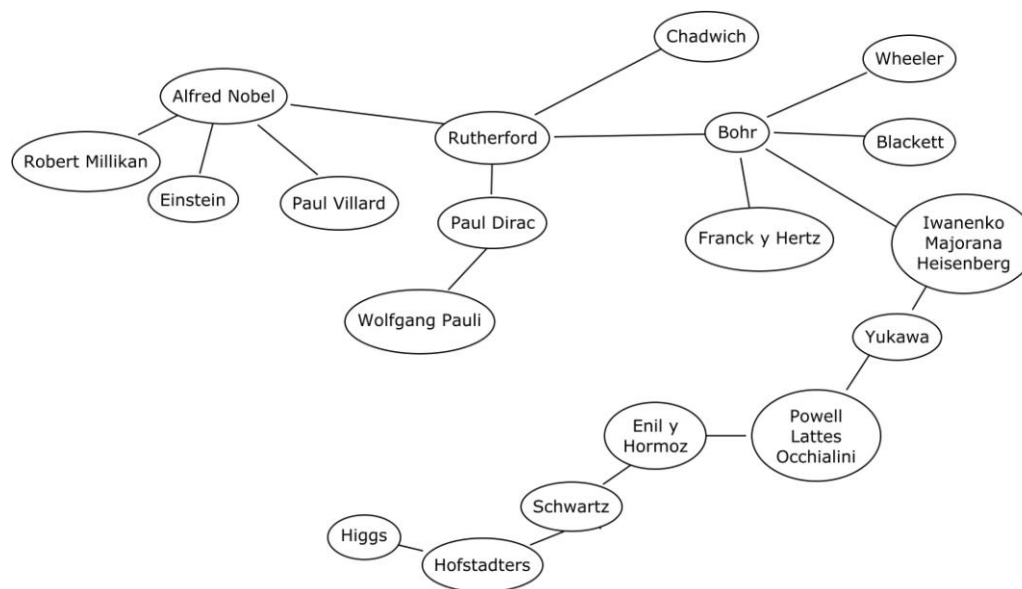


FIGURA 1. Primer mapa conceptual sobre Partículas Elementales elaborado por el grupo A.

Al justificar la estructura escogida para el mapa conceptual, el grupo dijo que consideraba este sentido adecuado, pues en la base del mapa estaban las teorías que sirvieron de sustentación para la evolución del concepto de partícula elemental. Estas teorías son: *radiación/transmutación radioactiva, Planck/propuesta del quantum, propuesta de Thomson y Nagaoka, propuesta de Einstein (fotón), modelo de Rutherford, modelo de Bohr.*

Esta concepción de jerarquía sigue el sentido común, de lo particular para lo general, al contrario del principio ausebeliano usualmente presente en los mapas. Podemos decir que estas interpretaciones de valorización de las teorías podrían haber sido causadas o por la falta de comprensión del contenido específico o/y por la falta de comprensión de los presupuestos básicos para la elaboración del mapa conceptual.

Además, la explicación del mapa fue muy compartimentada e incompleta. Algunos conceptos presentes en el mapa ni siquiera fueron mencionados durante la explicación. Y algunas relaciones fundamentales no fueron citadas. Además, se identificaron errores conceptuales.

En cuanto a estas observaciones, hay que aclarar que la profesora-investigadora le dio prioridad a la discusión con los grupos antes de la presentación, o sea, durante la confección de los mapas, y después de la presentación, en entrevistas individuales con los grupos. Durante las presentaciones de los mapas a la clase, se le dio prioridad a las preguntas realizadas por los demás estudiantes durante el tiempo disponible para preguntas. Pues también se consideró importante la negociación de significados entre los estudiantes de todos los grupos.

Cuando este grupo acudió a la profesora-investigadora después de la presentación de su primer mapa conceptual, ésta observó que ellos presentaban muchas

dudas sobre cómo deberían elaborar el mapa conceptual. Por ejemplo, demostraron dificultad para comprender qué es una relación de jerarquía. Tampoco consideraban necesario el uso de las palabras de enlace, o conectores para relacionar conceptos, pues pensaban que solamente las relaciones entre ellos, realizadas por medio de líneas eran suficientes para representar su relación. Como sugerencia para rehacer el mapa, la profesora-investigadora propuso el uso de palabras clave para representar las relaciones entre los conceptos, así como deberían rever las relaciones jerárquicas y reevaluar los conceptos escogidos.

De manera general, considerando que éste fue el primer mapa conceptual elaborado por los estudiantes, era previsible que presentaran dificultades. Pues elaborar un mapa conceptual es una tarea que requiere tiempo, como se dijo anteriormente. Analizados estos primeros mapas, podemos decir que los grupos presentaron dificultades para escoger los conceptos importantes relativos al tema propuesto. Las relaciones jerárquicas también fueron insatisfactorias. Y no usaron palabras clave. En cuanto a las relaciones de los conceptos, en su mayoría, no fueron muy claras.

Entonces, la próxima tarea solicitada fue que los grupos rehiciesen sus mapas conceptuales. Para eso la profesora/investigadora se dispuso a discutir individualmente con cada grupo su mapa, pero como ya se dijo anteriormente, de los ocho grupos solamente dos se interesaron en discutir su trabajo, uno de ellos fue el grupo D. De manera general, a los estudiantes no les gustó la

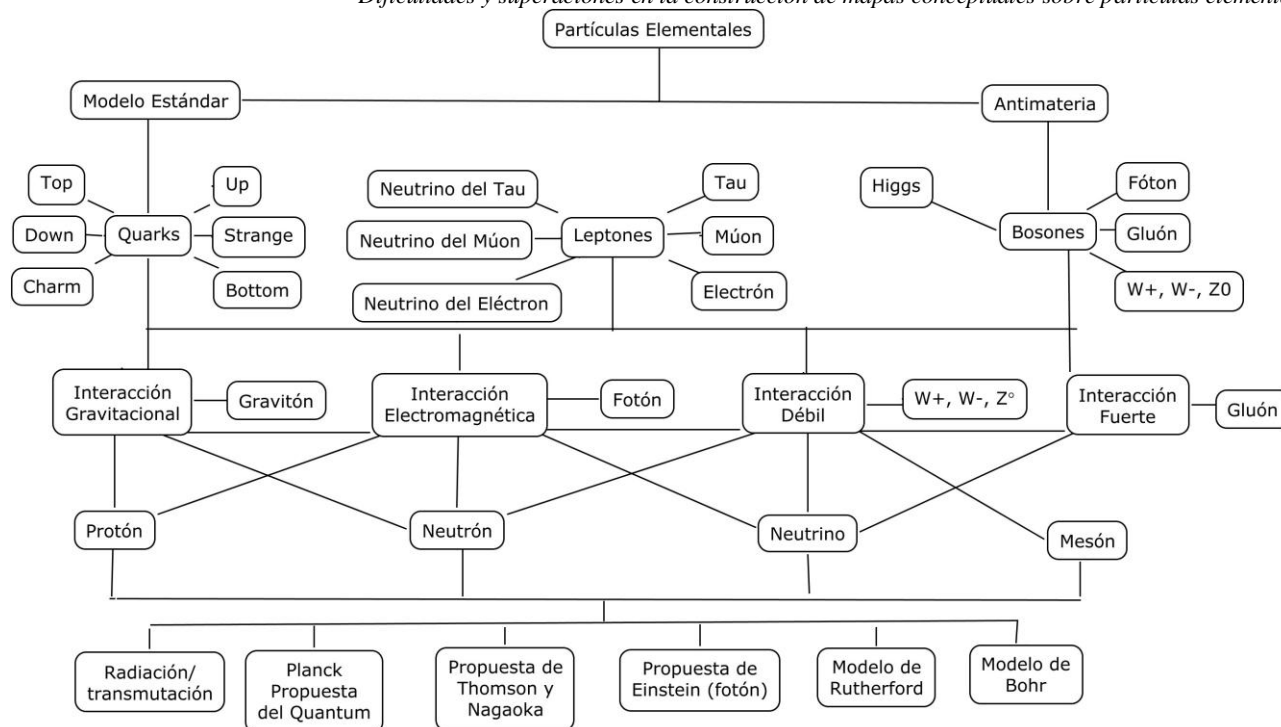


FIGURA 2. Primer mapa conceptual sobre Partículas Elementales elaborado por el grupo D.

propuesta de rehacer los mapas. Y al rehacerlos, usaron términos que no habían sido usados en el primer mapa, pero fueron introducidos después de conocer el mapa presentado por la profesora-investigadora. Como por ejemplo, los términos *bariones* y *mesones*.

En la Fig. 3 presentamos el segundo mapa conceptual del grupo A. Inicialmente podemos notar que el mapa de la Figura 3 difiere mucho del presentado anteriormente por el grupo A (Fig. 1). En este mapa, el grupo utilizó conceptos adecuados al tema tratado. El concepto central es *partículas elementales*. Al presentar los *leptones*, el grupo describe cada uno de ellos y sus *neutrinos*, sin embargo, en el mapa, los neutrinos no fueron especificados.

En cuanto a las relaciones de jerarquía, son coherentes con el tema tratado. Nuevamente no se usan palabras clave para relacionar los conceptos. Pero durante la explicación del mapa, fueron usadas, por ejemplo, para justificar las dos clases de partículas elementales, los *fermiones* y los *bosones*. En este momento, los alumnos justifican la separación por la frase *obedecen al principio de la exclusión de Pauli*.

El mapa y la explicación parecen dividirse en lado derecho e izquierdo. Eso puede ser verificado en el mapa, pues el grupo de los *fermiones* no presenta relación cruzada con el grupo de los *bosones*, no hay ninguna relación entre estos dos grupos. Así como durante la presentación del mapa; inicialmente los alumnos presentaron todo el grupo de los *fermiones* y después el grupo de los *bosones*, sin expresar ninguna relación entre estos grupos, lo cual es fundamental para la comprensión del Modelo Estándar.

Durante la discusión de este mapa, la profesora-investigadora sugirió rever algunos conceptos. También llamó la atención sobre la importancia de que estos conceptos presenten una relación adecuada, y que procuren evitar la compartimentalización del mapa. También se les propuso el uso de palabras de enlace para relacionar los conceptos.

Aun habiendo presentado algunos problemas como la dificultad en escoger conceptos adecuados y relacionarlos de acuerdo con la jerarquía expresada por el tema estudiado, el grupo demostró una comprensión mayor de la herramienta. Pero aún existen dificultades a ser superadas, como la falta de conectores y una explicación que refleje la complejidad del contenido.

En la Fig. 4 presentamos el segundo mapa conceptual elaborado por el grupo D. Podemos percibir que la estructura del primer (Fig. 2) y segundo (Fig. 4) mapa presentado por el grupo D es muy semejante. Lo que indica que probablemente el grupo aún tenía dudas o sobre el contenido o sobre la elaboración de los mapas conceptuales.

Los conceptos son prácticamente los mismos del mapa anterior, pero fueron organizados jerárquicamente de una forma más adecuada al contenido abordado. Por ejemplo, en el primer mapa conceptual (Fig. 2), el grupo representa las cuatro interacciones fundamentales y sus respectivos bosones, pero ellos ya habían sido presentados en otro nivel jerárquico en ese mismo mapa.

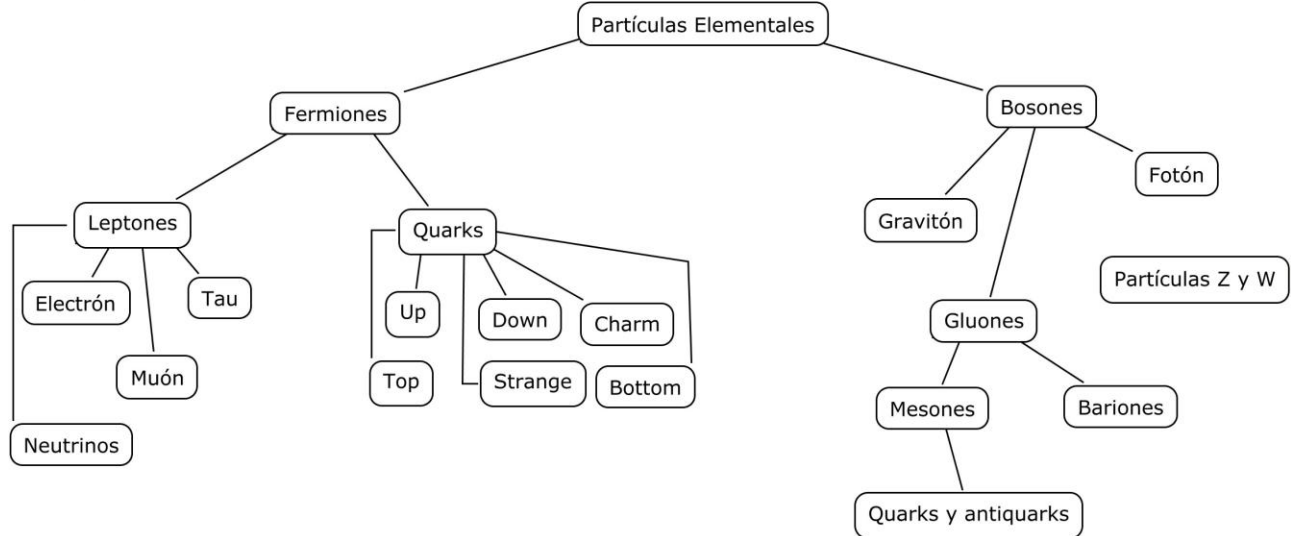


FIGURA 3. Segundo mapa conceptual sobre Partículas Elementales elaborado por el grupo A.

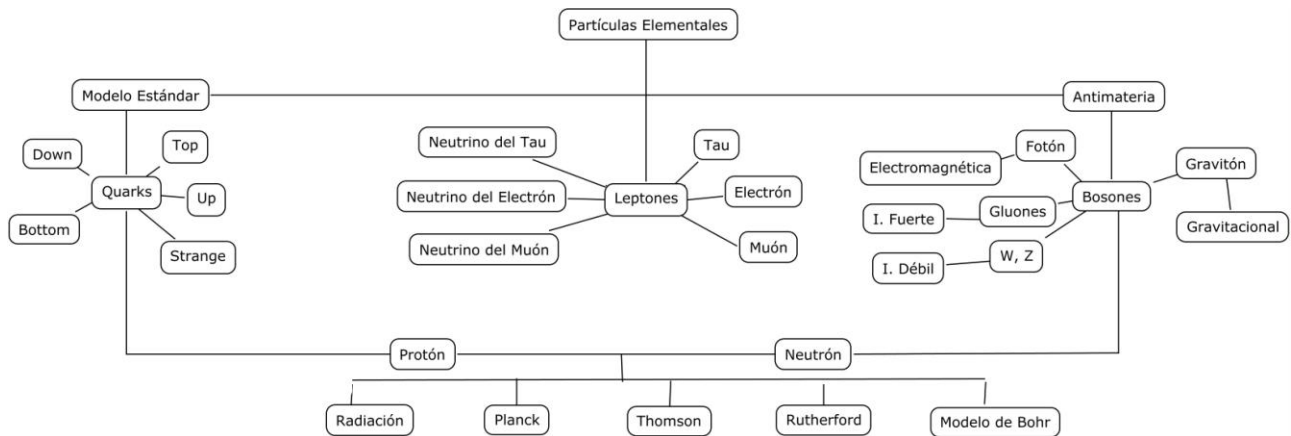


FIGURA 4. Segundo mapa conceptual sobre Partículas Elementales elaborado por el grupo D.

Algunos problemas conceptuales específicos de la teoría fueron resueltos, pero otros persisten. Por ejemplo, en el primer mapa, el grupo presentó en un mismo nivel horizontal las partículas: *protón*, *neutrón*, *neutrino* y *mesón*. Sin embargo, este aparente detalle es una construcción que necesita más tiempo para ser hecha. En cuanto a la clasificación de estas partículas en el Modelo Estándar, solamente los neutrinos estarían directamente conectados al concepto de modelo, pues, de las partículas citadas, éstas son las únicas elementales. En el segundo mapa, eso no sucedió, solamente fueron citados el *protón* y el *neutrón*.

En cuanto a otros problemas relacionados con la teoría Modelo Estándar, podemos percibir también que el mapa de la Figura 4 presenta solamente cinco de los seis quarks. Pero es probable que eso haya sido causado por una distracción, pues en el mapa anterior habían sido descritos los seis quarks.

Las relaciones jerárquicas están mejor representadas, como ya se dijo, pero aún existen problemas. Como ejemplo, citamos la relación entre el concepto *Modelo Estándar* y el concepto de *antimateria*. Éstos no tienen el mismo grado de importancia en la teoría, por lo tanto no

podrían estar tan directamente relacionados horizontalmente en el mapa.

Nuevamente la explicación empieza en la base del mapa y asciende en dirección al concepto *partículas elementales*, expresando aún una relación jerárquica que sigue el sentido común, de lo particular para lo general, según se citó anteriormente. Esta tendencia puede ser considerada casi como un sentido común entre la mayoría de los alumnos.

También se percibe la falta de palabras de enlace para representar la relación entre los conceptos. Las relaciones entre los conceptos no son satisfactorias desde la Física.

De manera general, podemos observar que el grupo fue capaz de reconocer algunos de los problemas citados, por ejemplo, revisó algunas relaciones jerárquicas. También presentó las relaciones entre los conceptos de una forma más directa, facilitando la comprensión del mapa. Pero deberían haber revisado los conceptos escogidos, como se les sugirió, como también deberían haber usado conectores para representar la relación entre los conceptos.

Después de este análisis, la profesora-investigadora conversó con el grupo sobre el mapa y recomendó una

nueva revisión en las relaciones establecidas entre los conceptos. En este momento fue posible identificar la dificultad que el grupo tenía para poder establecer estas relaciones. Eso fue más explícito aún mientras discutíamos el mapa y uno de los integrantes del grupo anotaba en el propio mapa los comentarios. Aun después de ser advertido por la profesora-investigadora, sobre la importancia de la discusión del mapa, el estudiante continuó haciendo las anotaciones. Ese tipo de comportamiento sugiere que los estudiantes tienen dificultades de entender cómo funciona el trabajo con los mapas conceptuales.

Tal vez aún estén muy condicionados por las actividades convencionales de evaluación, en las cuales solamente existen repuestas correctas o equivocadas. También se sugirió, nuevamente, el uso de palabras de enlace y se enfatizó su importancia en el mapa, pero nuevamente el grupo se manifestó contrario a esta propuesta. Justificaron que los conectores no fueron usados, pues para demostrar la relación entre los conceptos era sólo necesario relacionarlos por medio de una línea.

En cuanto a los conceptos utilizados, se sugirió que deberían ser reevaluados y reorganizados en el mapa. Y aunque ya había algunas alteraciones en la estructura jerárquica del mapa, era necesario rever algunos puntos. Las relaciones entre los conceptos también podrían ser más explícitas.

En la Fig. 5 presentamos el tercer mapa conceptual elaborado por el grupo A. La elección de los conceptos fue adecuada. Como concepto principal, escogieron *partículas elementales*. Usaron conectores para justificar la división entre el grupo de los *fermiones* y de los *bosones*. Pero enfatizaron que, aun con la diferenciación entre esos grupos, éstos vuelven a relacionarse en el mapa. Lo que se puede percibir cuando el grupo presenta los conceptos de *mesones* y *bariones*. Con esta explicación fue posible percibir indicios de que el grupo fue capaz de comprender los principios de diferenciación progresiva y de la reconciliación integradora.

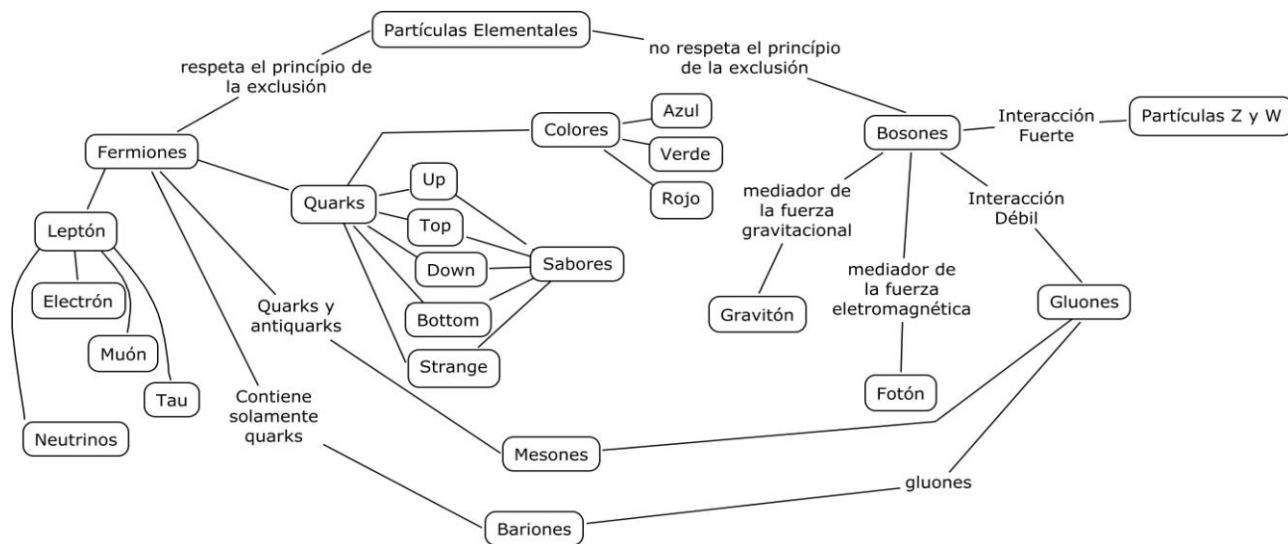


FIGURA 5. Tercer mapa conceptual elaborado sobre Partículas Elementales por el grupo A.

Aún con relación a los conceptos, existen algunos que podrían tener una representación más adecuada en el mapa, por ejemplo, cada uno de los seis leptones podría haber sido descrito en el mapa, en lugar de simplemente usar el término *neutrinos* para designarlos de una forma general. También hubo un equívoco sobre la representación de los quarks, en este mapa fueron descritos sólo cinco quarks, pero como en el mapa anterior fueron citados los seis integrantes de este grupo, es probable que esto haya sido sólo un olvido.

La relación de jerarquía entre los conceptos es adecuada, así como la relación entre ellos y el aumento del uso de palabras-clave para relacionarlos.

De manera general, la evolución del trabajo presentado por el grupo A sugiere que además de expresar una comprensión mayor con relación a la elaboración de los

mapas conceptuales, también representan una comprensión mayor del contenido específico.

En la Fig. 6 tenemos el tercer mapa conceptual elaborado por el grupo D. En cuanto a la elección de los conceptos, éstos son adecuados. Aún surgieron algunos conceptos que no están relacionados directamente con el concepto principal *partículas elementales*, pero, durante la explicación, el grupo justifica su elección por considerar estas propuestas fundamentales para la elaboración del concepto actual de partícula elemental, como se citó anteriormente. En cuanto al concepto de *antimateria*, el grupo escogió un lugar más adecuado para presentarlo. Durante la segunda discusión sobre el mapa, los integrantes de este grupo dijeron que no sabían qué hacer con este concepto, pero sabían que debía estar en el mapa.

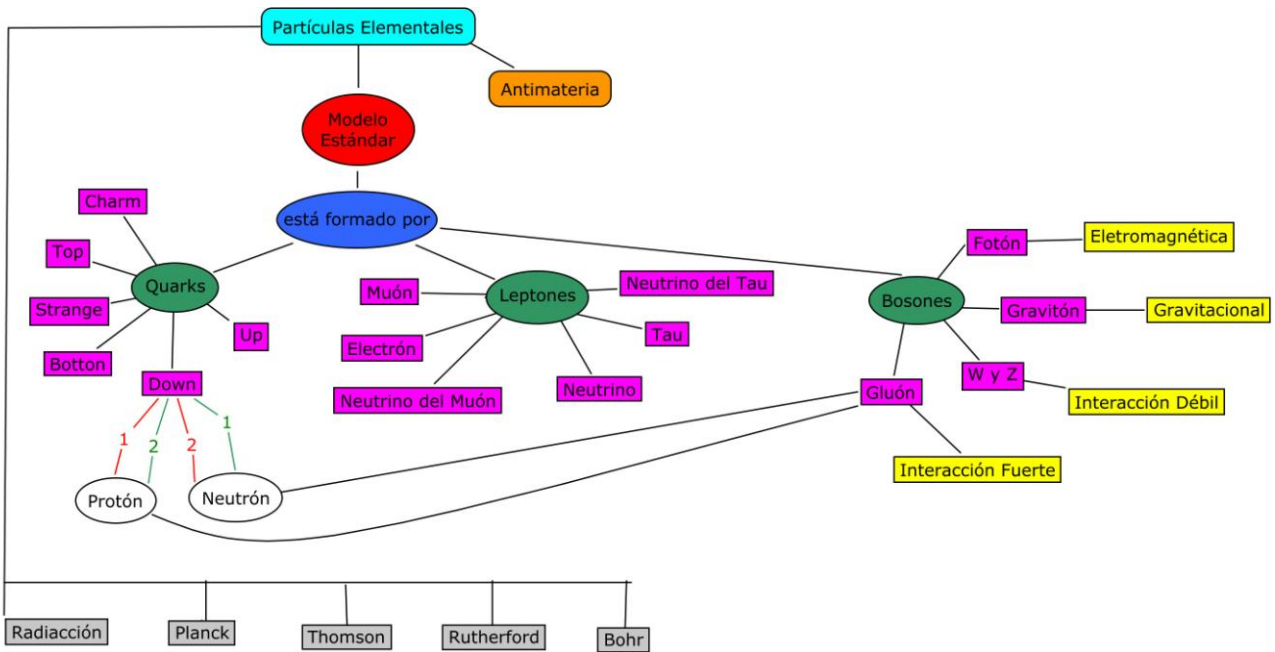


FIGURA 6. Tercer mapa conceptual sobre Partículas Elementales elaborado por el grupo D.

Las relaciones jerárquicas entre los conceptos mejoraron significativamente, para eso fue utilizada una estrategia por el grupo: identificaron conceptos análogos con el mismo color. Las relaciones entre los conceptos están adecuadas. Sin embargo, el grupo no consiguió hacer un uso adecuado de palabras de enlace para relacionar los conceptos. Fueron citadas poquísimas veces en el mapa, y una de estas palabras estaba un poco confusa, la sentencia *está formado por* tiene un papel de conector en la explicación del mapa, pero surge en él con la forma de un concepto. La explicación del mapa demostró una integración mayor entre los conceptos utilizados.

Probablemente los mayores problemas enfrentados por el grupo D fueron la dificultad de comprensión en las relaciones de jerarquía establecidas entre los conceptos relevantes en el tema y el uso de las palabras clave para relacionarlos. Aún cuando el grupo todavía presente algunos problemas en la elaboración del mapa, el análisis de la evolución de sus trabajos sugiere que aumentaron la comprensión en cuanto al uso de los mapas conceptuales, así como del tema tratado.

IV. CONSIDERACIONES FINALES

Considerando que el mapa conceptual es una construcción personal y que para aprender a elaborar uno es necesario algún tiempo, podemos decir que los alumnos participantes de esta actividad presentaron una evolución considerablemente rápida. Pero, el papel de la profesora como mediadora para la negociación de la organización de los conceptos y para la captación de los significados fue fundamental.

Las dificultades iniciales presentadas, tales como: dificultad en la elección de conceptos adecuados,

comprensión de las relaciones jerárquicas entre estos conceptos y la relación entre ellos, son dificultades presentes en la mayoría de los estudiantes brasileños de Enseñanza Media. La evaluación de estos mapas, hecha con los grupos individualmente, colaboró para la superación de las dificultades iniciales, algunas bien específicas para cada grupo.

En cuanto a la dificultad en el uso de las palabras de enlace, que se mostró bastante persistente durante la actividad, tal vez se justifique por el laconismo u objetividad inherente en los jóvenes, que puede ser contornada con el uso más frecuente de mapas conceptuales o a lo largo del tiempo.

Así, considerando que la actividad utilizó un tipo de evaluación no convencional para este nivel de enseñanza y las dificultades iniciales encontradas por el grupo, el proceso demostró un crecimiento en la comprensión en general de los alumnos sobre las características de un mapa conceptual, además de aplicarlo para un tema de Física Contemporánea, las partículas fundamentales del Modelo Estándar.

Los últimos mapas presentados sugieren un crecimiento, tanto en el contenido específico abordado, como en la construcción de los mapas conceptuales. Se cree que ésta es una herramienta importante, pues exige que el alumno piense sobre su trabajo y negocie sus concepciones con el profesor, lo cual es una premisa de las teorías que fundamentan este trabajo. La presentación y discusión de los mapas fueron fundamentales en este sentido. De esa forma, se reafirma la potencialidad de los mapas conceptuales como forma de facilitación y evaluación del proceso de aprendizaje de los alumnos.

REFERENCIAS

- [1] Vygotsky, L. S., *A formação social da mente*, (Martins Fontes, São Paulo, 1991).
- [2] Vygotsky, L. S., *Pensamento e linguagem*, (Martins Fontes, São Paulo, 1993).
- [3] Ausubel, D., Novak, J., Hanesian, H., *Psicologia Educacional*, (Interamericana, Rio de Janeiro, 1980).
- [4] Moreira, M. A., *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. (Editora da UnB, Brasília, 2006).
- [5] Pinheiro, L. A., Costa, S. S. C., Moreira, M. A., <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0797-1.pdf>>. Consultado en 20 noviembre de 2009.
- [6] Pinheiro, L. A.; Costa, S. S. C., *Relato sobre a implementação de uma Unidade de Aprendizagem sobre Partículas Elementares e Interações Fundamentais*, *Experiências em Ensino de Ciências* **4**, 101-116 (2009).
- [7] Moreira, M. A., *Mapas conceituais e diagramas V*, (Edição do autor, Porto Alegre, 2006).
- [8] Krummenauer, W. L.; Costa, S. S. C., *Mapas conceituais como instrumento de avaliação na educação de jovens e adultos*, *Experiências em Ensino de Ciências* **4**, 33-38 (2009).
- [9] Martins, R. L. C.; Linhares, M. P.; Reis, E. M., *Mapas conceituais como instrumento de avaliação e aprendizagem de conceitos físicos sobre mecânica do voo*, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* **9**, (2009).
- [10] Paulo, I. J. C., *A aprendizagem Significativa Crítica de Conceitos de Mecânica Quântica segundo a Interpretação de Copenhagen e o Problema da Diversidade de Propostas de Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio*, Tese de Doutorado - Departamento de Didáticas Específicas – Universidade de Burgos, (2006).
- [11] Moreira, M. A.; Sperling, C. S., *Mapas Conceptuales y Aprendizaje Significativo: ¿Una correlación necesaria?*, *Experiências em Ensino de Ciências* **4**, 91-100 (2009).
- [12] Moreira, M. A., *Partículas e Interações*, *A Física na Escola* **5**, 10-14 (2004).
- [13] Abdalla, M. C. B., *Sobre o discreto charme das partículas elementares*, (Unesp, São Paulo, 2006).