

La argumentación en el marco de las tecnologías emergentes y la física contemporánea

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Silvia Clavijo ¹, Graciela Serrano ¹, Lidia Catalán ¹

¹Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Bernardo de Yrigoyen 375, Argentina.

E-mail: scclavijo@fcai.uncu.edu.ar

Resumen

Una de las finalidades de la educación es promover en los alumnos, la resolución de problemas, la búsqueda y selección de información, y el manejo y uso de los avances tecnológicos. Otra competencia fundamental en la formación de los estudiantes incluye el desarrollo de la capacidad de argumentar. La argumentación en las clases de Ciencias Experimentales puede contribuir a mejorar procesos de conceptualización. En este trabajo se analizan modelos de argumentación y mapas conceptuales elaborados por alumnos de Ingeniería a quienes se ha enseñado a argumentar, se examinan sus conocimientos previos acerca de temas relativos al modelo estándar de partículas, y se indagan los cambios en sus afirmaciones de conocimiento después de haber elaborado argumentos científicos dentro del campo conceptual de las Partículas Elementales e Interacciones Fundamentales. El instrumento aplicado para analizar estas afirmaciones de conocimiento es el Modelo Argumental de Toulmin. Asimismo se ha empleado la construcción de las estrategias para presentar el tema; estas incluyen el uso de las nuevas tecnologías emergentes, entre las que podemos mencionar las simulaciones. Los resultados obtenidos permiten afirmar que el modelo aplicado es útil para analizar, elaborar y evaluar argumentos.

Palabras clave: Aprendizaje, Argumentación, Modelo estándar de partículas, Tecnologías emergentes

Abstract

One of the goals of education is to promote in the students the resolution of problems, search and selection of information, and the management and use of technological advances. Another core competency in the training of students includes developing the ability to argue. The development of argumentation in experimental sciences' classes can contribute to improving the process of conceptualization. In this paper, concept maps and models of argumentation developed by engineering students are examined, and prior knowledge about issues related to the standard model of particles are analyzed, within the conceptual field of Elementary Particles and Fundamental Interactions. The applied instrument to analyze these knowledge statements is the Toulmin model, and the strategies used to present the topic include the use of emerging technologies, among which we can mention simulations. The results confirm that the model is useful to analyze, develop and evaluate arguments.

Keywords: Learning, argumentation, Standard model of particles, Emerging technologies

I. INTRODUCCIÓN

La competencia para comprender y poder seguir argumentos de naturaleza científica, es un aspecto crucial de la cultura científica. Norris y Phillips (2003) sostienen, que la alfabetización en su sentido fundamental, significa percibir, interpretar, razonar, indagar y criticar los textos, el estudio de la argumentación y su construcción, deben ser consideradas una práctica pedagógica central dentro de la ciencia. Desde hace varias décadas numerosos estudios han tenido como objetivo realizar el análisis de la argumentación y el discurso dentro de diferentes contextos escolares (Driver, Newton & Osborne, 2000; Duschl, Ellenbogen & Erduran, 1999; Forman, 1992; Jiménez-Aleixandre, Rodríguez, & Duschl, 2000; Kelly & Takao, 2002). Estos estudios han destacado el valor del discurso en la adquisición de conocimiento científico (Pontecorvo, 1987; Schwarz et al., 2003), y el desarrollo de hábitos de pensamiento dentro del ámbito científico. (Boulter & Gilbert, 1995; Kuhn, 1992).

La argumentación juega un papel central en la construcción de explicaciones, modelos, y teorías que los científicos emplean (Toulmin, 1958). La argumentación es una habilidad cognitiva esencial pero también es una manera de funcionar de nuestra ciencia y tecnología, de nuestra cultura y sociedad. En los últimos congresos internacionales de Educación en Física se ha discutido acerca de la mejor manera de desarrollar conceptos de Física Moderna y Contemporánea en las escuelas de Nivel Medio y en los primeros años de la Universidad. El análisis de esta cuestión se fundamenta en que se trata de conceptos que transformaron la Ciencia y la Tecnología del siglo pasado. Entre las razones que pueden esgrimirse para el tratamiento de este campo conceptual en las aulas podemos citar que la enseñanza de temas actuales de la física puede contribuir para transmitir a los alumnos una visión más correcta de esa ciencia y de la naturaleza del trabajo científico, superando la visión lineal, netamente acumulativa del desarrollo científico que impregna los libros de texto y las clases de física hoy utilizados. (Ostermann-Moreira, 2000). En este trabajo reportamos los resultados que se obtienen cuando se aplica el modelo de argumentación de Toulmin (Toulmin, 1958), para analizar el discurso argumentativo de estudiantes universitarios que asisten a un curso electivo de Física Contemporánea en el cual se trabaja específicamente el Modelo Estándar de la Física de Partículas.

II. MARCO TEÓRICO

Las bases filosóficas y cognitivas de la argumentación han jugado un papel central en la justificación de investigaciones en argumentación en el campo de la enseñanza de las ciencias (Duschl, Osborne, 2002). Las perspectivas contemporáneas de la filosofía de la ciencia (Giere, 1991; Kitcher, 1988) han enfatizado que ésta no es simplemente la acumulación de hechos acerca de cómo es el mundo. La ciencia implica la construcción de teorías que proveen explicaciones acerca de cómo puede ser el mundo. Cuando se proponen interpretaciones provisionales para las causas subyacentes de los acontecimientos que están siendo estudiados, las teorías están abiertas al desafío y refutación. La ciencia progresa a menudo a través de la disputa, conflicto, y argumentación en vez de hacerlo a partir de acuerdos generales (Kuhn, 1962; Latour & Woolgar, 1986). Los científicos se comprometen y exponen sus ideas mediante la argumentación y es a través de este proceso que ocurre dentro de la comunidad científica que se mantiene el control de calidad. La argumentación inductiva se fundamenta a partir de observaciones o evidencias específicas, de las cuales se deriva una conclusión, reafirmación o prueba de “verdad” con la que se aspira a convencer al lector u oyente. El modelo de Toulmin (1958), profundizado en Toulmin, Rieke & Janik (1984), se relaciona con las reglas de una argumentación en pasos, que pueden ser precisados en cualquier tipo de disciplina o espacio abierto a la disertación, al debate. Mediante este modelo, los docentes pueden motivar a los estudiantes a encontrar la evidencia que fundamenta una aseveración.

Desde el punto de vista de Toulmin (1958), un “argumento” es una estructura compleja de datos que involucra un movimiento que parte de una evidencia (ground o fundamento) y llega al establecimiento de una aseveración (tesis o proposición). La pretensión implícita en una aseveración es como la pretensión o reivindicación de un derecho o título. Su valor depende de los meritos de los argumentos que puedan aducirse en su apoyo. Argumentar es ofrecer un conjunto de razones o de pruebas en apoyo de una conclusión.

Una de las principales finalidades de enseñar a argumentar en las clases de ciencias es que el estudiante se implique en la toma de decisiones, que sean coherentes con sus argumentos y, al mismo tiempo, tome conciencia de los procesos implicados en su elaboración. Por tanto, que el conocimiento científico posibilite al alumnado un tipo de participación en la sociedad que no se reduzca a reproducir o consolidar relaciones ya establecidas sino que promueva plantearse nuevas preguntas y transformar actuaciones (Martins, 2007). Y para poder transformar actuaciones, es necesario, en la mayoría de los casos, que el conocimiento inicial acerca de un tema en particular sea reestructurado.

Para Ausubel (2002), quien se ocupa de la adquisición de cuerpos organizados de conocimientos en situación formal de enseñanza, la tarea del docente consiste en organizar y secuenciar los contenidos de forma que el alumno pueda realizar un aprendizaje significativo, integrando los nuevos conocimientos en su estructura cognitiva previa (García Madruga, 1990). Por otro lado, Vergnaud (1990) considera el sujeto, que aprende, como un sistema dinámico con procesos regulatorios capaces de asegurar su progreso cognitivo. En consecuencia, para este autor, el papel del conocimiento previo como precursor de nuevos conocimientos posee un valor importante. Es reflejo de que los “conocimientos en acción” - conocimientos que se ponen en juego a la hora de enfrentar y resolver una tarea- que poseen los sujetos y pueden evolucionar, a lo largo del tiempo, hacia los conocimientos científicos.

Dentro de este marco, la argumentación puede constituirse en una herramienta clave, pues, la forma de construir un argumento implica la reelaboración de los conceptos puestos en juego hasta que se alcanza una complejidad en esta elaboración, que permite al alumno poder refutar las aseveraciones iniciales.

A. Analizando la argumentación a partir del modelo de Toulmin

Toulmin (1958) describe una estructura mínima que debe verificar una argumentación, asumiendo que existen normas universales para construir y evaluar argumentos que están ligados a la lógica formal. Según el modelo de este epistemólogo, en una argumentación a partir de datos obtenidos o fenómenos observados, es posible llegar a una conclusión o tesis justificándola de forma relevante a partir de garantías o razones fundamentadas en el conocimiento científico consensuado. La afirmación de la conclusión puede apoyarse, en los calificadores modales y/o en los refutadores, y se recurre a ellos cuando no es posible aceptar una afirmación de manera concluyente; la aceptación, en estos casos, es provisional y depende de las condiciones en las cuales se realiza la afirmación. También es posible que en una argumentación se recurra a la fuente o fundamentación, que consiste en el empleo de conocimiento básico para asegurar las garantías. En general, el uso de la fuente quita fuerza argumentativa ya que, entre otros inconvenientes, pueden dar origen a ambigüedades (uso de frases como "es sabido que"; "como opina la mayoría, etc.). Describimos a continuación los elementos que hemos mencionado:

Garantía (Warrant): es el principio general, la premisa mayor, los enunciados generales, de naturaleza formal, que permiten el paso de los datos a las conclusiones.

Apoyo o respaldo (Backing): corresponde al cuerpo de contenidos desde donde emanan las garantías y que nos remiten a investigaciones, textos, que nos permiten afirmar una garantía.

Datos (Grounds): son de orden empírico o factual, permiten la emergencia de una pretensión o conclusión.

Conclusiones (Claim): son las pretensiones, demandas, o alegatos que buscan, entre muchos de sus posibles propósitos, posicionar una acción, una perspectiva.

Calificadores modales (Qualifiers): son construcciones lingüísticas que permiten atenuar o destacar una pretensión.

Condiciones de refutación (Rebuttals): son las circunstancias extraordinarias o excepcionales que pueden socavar la fuerza de los argumentos. (Toulmin, 1958)

B. La Física de Partículas y el empleo de Tecnologías Emergentes para su enseñanza

A finales del siglo XIX la Física puso en discusión principios fundamentales que daban sostén a la Mecánica y al Electromagnetismo. Estas discusiones tuvieron su origen en la falta de respuesta adecuada de estas teorías clásicas a problemas considerados esenciales: la radiación de cuerpo negro, el efecto fotoeléctrico y la estabilidad y tamaño de los átomos. Para dar cuenta de estos problemas mediante un modelo adecuado, diferentes científicos (Planck, Einstein, Rutherford, Bohr, entre otros) realizaron aportes a comienzos del siglo XX que llevaron al inicio de la Física cuántica. Los descubrimientos asociados con la Física cuántica llevaron a una revolución en el paradigma clásico. La dualidad onda partícula, junto con el postulado de De Broglie y El principio de indeterminación de Heisenberg condujeron a una nueva concepción de la materia, y, en particular del átomo. La Mecánica cuántica, con las ecuaciones de Schrödinger y Dirac, permitió el estudio completo del átomo y de las partículas atómicas. El postulado y posterior descubrimiento de la existencia de antipartículas abrió el espectro de la familia de partículas elementales: positrones, piones, muones se sumaron a los conocidos electrón, protón y neutrón. Surgió la necesidad de establecer un orden en esta familia cada vez más compleja de partículas elementales de muy diversas masas y vidas medias. Primero fue el camino óctuple, y aproximadamente en 1960 Murray Gell Mann aportó orden al aparente caos de la cantidad de partículas vinculadas a la desintegración nuclear: surge de manera incipiente el Modelo estándar.

El Modelo Estándar es la mejor teoría que los físicos tienen actualmente para describir los bloques fundamentales del edificio del universo (Moreira, 2009). Es uno de los logros más grandes de la ciencia del siglo XX. El Modelo Estándar describe el universo usando 6 quarks, 6 leptones y algunas partículas "portadoras de fuerza". Hay cuatro fuerzas conocidas (o interacciones), cada una mediada por una partícula fundamental, conocida como partícula intermediaria o portadora. Tres de ellas son los fotones (interacción electromagnética), gravitones (interacción gravitatoria), y los gluones (interacción fuerte) que no tienen ninguna masa, y las partículas portadoras de la fuerza débil a las que se ha asignado una masa de 80-90 GeV/c². Actualmente el modelo estándar de partículas aparece como conocimiento socialmente valioso, y los principios de la Física de Partículas explican el comportamiento de la materia tanto a escala atómica como macroscópica.

La tecnología desarrollada en los aceleradores de partículas tiene beneficios indirectos para la Medicina, la Informática, la industria o el medio ambiente. Los imanes superconductores que se usan para acelerar las partículas han sido fundamentales para desarrollar técnicas de diagnóstico por imagen como la resonancia magnética. Los detectores usados para identificar las partículas son la base de los PET, la tomografía por emisión de positrones (antipartícula del electrón). En paralelo, cada vez más, centros

médicos utilizan haces de partículas como terapia contra el cáncer. En nuestro país las recomendaciones curriculares para la asignatura Física proponen entre otros objetivos la comprensión y descripción de los conceptos fundamentales de la Física Moderna y Contemporánea, sin embargo esto no se produce en la escuela secundaria, y salvo en carreras específicas incluidas en el campo de las ciencias exactas, tampoco se tratan estos temas dentro de los contenidos impartidos en educación superior y/o universitaria. En nuestra Unidad Académica se imparte un curso electivo denominado Modelo Estándar de la Física de Partículas. En este contexto entre las estrategias diseñadas para presentar esta temática se encuentra el uso de laboratorios y simulaciones virtuales. Los applets son pequeñas aplicaciones escritas en lenguaje Java, diseñadas para ser incrustadas en archivos HTML (página web), que son ejecutadas por el navegador de nuestro equipo informático cuando visitamos una página que los contiene. Desde que fueron creados en 1995 por Sun Microsystems han encontrado muchas utilidades, entre ellas la simulación de fenómenos naturales de interés en la formación científica de los alumnos. Según el grado de interactividad que manifiestan, pueden distinguirse dos tipos de applets: los que sólo permiten la visualización del fenómeno y los que, además, permiten obtener datos de la simulación (Bohigas et al., 2003). Estas dos, animación e interacción, son las características principales de los applets. En Internet disponemos de una amplia oferta de applets que simulan la mayoría de fenómenos físicos que estudiamos en las aulas. La incorporación de esta tecnología a la enseñanza resulta así fácil y, en consecuencia, adquieren importancia los aspectos didácticos relacionados con ella; de una parte para hacer explícito el modelo pedagógico subyacente a su uso y de otra para formular innovaciones coherentes con las investigaciones en didáctica de las ciencias.

III. METODOLOGÍA

Durante el desarrollo del curso electivo se utilizaron los siguientes recursos informáticos: Acceso a la web <http://www.cpepphysics.org/particles.html> (Contemporary Physics Education Project). Este sitio provee información actualizada acerca de los últimos descubrimientos en la Física de partículas y actividades interactivas que pueden ser realizadas por el profesor y sus alumnos en español.

Para conocer cómo funcionan los aceleradores de partículas se utilizó el simulador http://www.particledetectives.net/LHC/LHC_project.html. Este simulador permite adentrarse en el funcionamiento del LHC (Large Hadron Collider), el más poderoso acelerador de partículas jamás construido. Otro sitio utilizado durante el dictado del curso fue <http://www.thephysicsteacher.ie/lcphysics32particlephysics.html>. Esta web provee información relativa a la Física de Partículas y sus aplicaciones. En adición a estos recursos, se emplearon otros tipos de TIC'S, tales como videos, además de experiencias concretas de trabajo en el laboratorio entre las cuales mencionaremos la cámara de niebla. En esencia se trata de una caja herméticamente cerrada (en nuestro caso utilizamos una pecera de vidrio) en cuyo interior hay una mezcla de vapor de alcohol (alcohol isopropílico) y aire. El fondo de la cámara se mantiene tan frío (por contacto con CO₂ sólido, "hielo seco") que hay una capa con vapor por debajo de su temperatura de condensación, en un estado inestable en el que sólo hace falta una perturbación para que se empiecen a formar gotas de alcohol líquido. El paso de partículas cargadas de suficiente energía que atraviesan la cámara da lugar a iones que actúan como núcleos de condensación sobre los que crecen las gotas de alcohol, formándose así estelas de niebla muy similares a las de los aviones a lo largo de las trayectorias de las partículas. Al principio, sólo se puede ver una niebla lluvia-como de alcohol. Después de unos 15 minutos, se comienzan a ver las huellas de las partículas que pasan a través. Las trayectorias se ven como hilos de araña en el suelo de la cámara, que tiene una placa de cartón cubierta con cinta aislante negra sobre una placa de metal. Se utiliza un proyector para iluminar la caja y se apagan las luces de la habitación y se pregunta a los alumnos ¿A qué partículas corresponden las trayectorias que podemos observar en una cámara de niebla? La radiación más común está compuesta de partículas alfa y beta. Cuando una de estas partículas cruza la cámara de niebla es capaz de ionizar algunos átomos del gas contenido en su interior. Estos átomos ionizados pasan a actuar como núcleos de condensación, partículas que aumentan la tensión superficial del gas a su alrededor permitiendo que se congregate y condense inmediatamente, volviéndolo fácilmente distinguible en el interior de la cámara como una pequeña nubecilla. Gracias a estas cámaras se pone fácilmente en evidencia la diferencia entre los tipos de radiación. Asimismo, si se sitúa una cámara de niebla en el seno de un campo magnético, se puede observar cómo se curvan las trayectorias de las partículas debido a la interacción de su carga eléctrica con el campo; poniendo además en evidencia la diferencia de carga entre las dos radiaciones, pues se curvan en sentidos opuestos. Esto se consiguió colocando un imán muy fuerte debajo de la cámara. Se pudo ver cómo se curvan las partículas cuando están cerca del imán.

La muestra estuvo conformada por 20 alumnos de ingeniería, que asistieron a un curso electivo centrado en la física de partículas en el nivel universitario. El requisito del curso fue que los alumnos hubiesen aprobado las materias física y química general.

A. Mapas Conceptuales y resúmenes argumentales

Específicamente para la elaboración de los mapas conceptuales, se solicitó a los 4 grupos (Grupos 1, 2, 3 y 4) que elaboraran un mapa conceptual acerca de sus nociones en cuanto a la estructura de la materia. Para que los estudiantes fuesen capaces de realizar esta tarea, se revisó en clase: qué son mapas conceptuales y cómo deben ser construidos. Los mapas conceptuales presentados por el grupo 1 y 2 pueden verse en las Figuras 1 y 2 respectivamente. Posteriormente los alumnos leyeron el texto EL MODELO ESTÁNDAR DE LA FÍSICA DE PARTÍCULAS (Moreira, 2009) y realizaron las actividades propuestas en el simulador del acelerador de partículas LHC. Después de la lectura del texto, y de realizar las actividades mediante simulaciones, los alumnos recibieron la tarea de reelaborar sus mapas conceptuales incorporando las nuevas nociones aprendidas acerca de las Partículas Elementales. El mapa conceptual es la principal herramienta metodológica de la teoría de asimilación de Ausubel para identificar lo que el estudiante ya sabe. En ambientes educativos, los mapas conceptuales han ayudado a personas de todas las edades a examinar los más variados campos de conocimiento. 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 (Moreira, 2005). La evaluación que se hizo de los mapas conceptuales presentados por los alumnos no se refirió únicamente a su construcción sino que incluyó las explicaciones que ellos mismos dieron acerca de los conceptos comunicados en las gráficas.

Con este propósito, se organizó una discusión con los grupos durante la confección de los mapas, y después de la presentación, en entrevistas individuales con los estudiantes reunidos en grupo. Durante las presentaciones de los mapas en el grupo-clase, se le dio prioridad a las preguntas realizadas por los demás estudiantes durante el tiempo disponible para preguntas. Se tuvo en cuenta la negociación de significados entre los asistentes de todos los grupos. Seguidamente a la elaboración y reelaboración de los mapas conceptuales se pidió a los alumnos que escribieran un resumen argumental no mayor a 400 palabras en clase, que incluyera lo que habían aprendido acerca del modelo estándar de partículas y que permitiera complementar individualmente la información volcada en los mapas conceptuales.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Fue llamativo que todos los grupos que elaboraron la primera serie de mapas no conocieran el tema de partículas elementales, como se observa en las dos primeras figuras. Para todos los alumnos, las partículas conocidas se reducían a la existencia del electrón, el protón y el neutrón. Aunque los mapas elaborados posteriormente para incorporar los nuevos conocimientos, presentaron más información que los primeros, fue posible detectar la existencia de pocos nexos o palabras conectivas entre los diferentes conceptos, como se observa en las siguientes figuras. En ninguno de los nuevos mapas, se observó la presentación de interacciones entre las partículas. Los nuevos mapas elaborados por los grupos 1 y 2 se muestran en las Figuras 3 y 4.

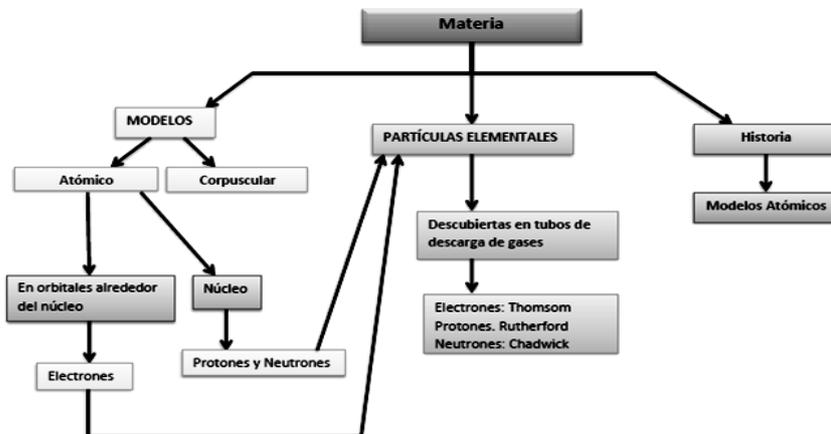


FIGURA 1. Mapa Conceptual que ilustra las nociones de la estructura de la materia correspondiente al grupo 1

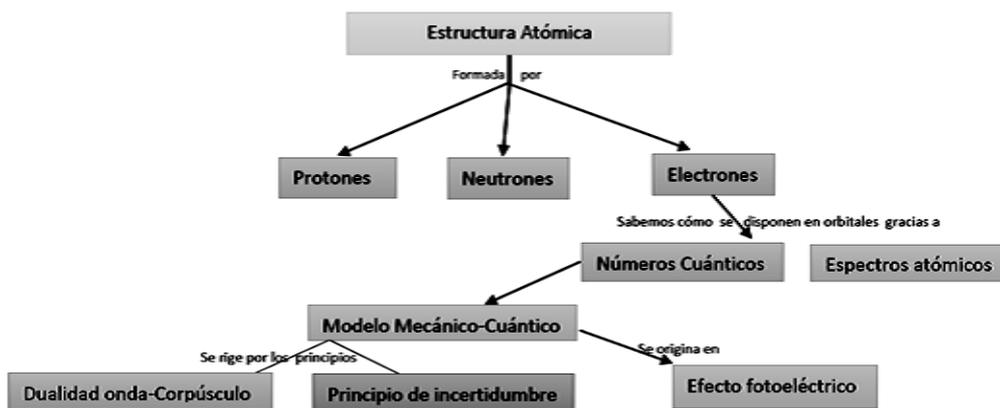


FIGURA 2. Mapa Conceptual que ilustra las nociones de la estructura de la materia correspondiente al grupo 2

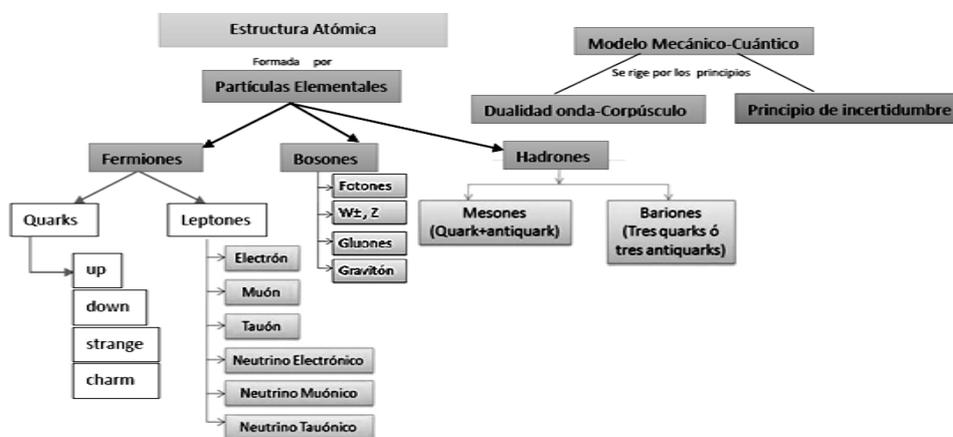


FIGURA 3. Mapa Conceptual que ilustra las nociones de la estructura de la materia correspondiente al grupo 1 luego de haber estudiado el Modelo Estándar de Partículas

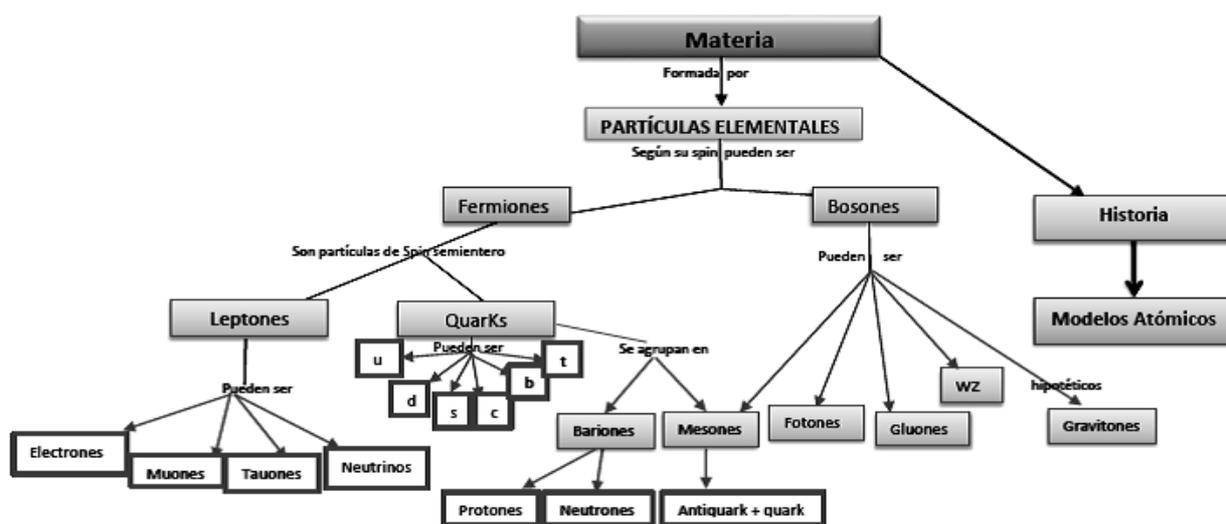


FIGURA 4. Mapa Conceptual reelaborado por alumnos del grupo 2 luego de estudiar el Modelo Estándar.

Argumentación Inductiva: Se presentan a modo de ejemplo los análisis correspondientes a tres argumentos requeridos durante la realización de actividades mediadas por NTIC'S.

TABLA I. Análisis de argumento de acuerdo al modelo de Toulmin (1958)

ARGUMENTO	ELEMENTOS DEL ARGUMENTO	
Alumno 1		
El modelo estándar de partículas nos sirve para poder interpretar y conocer la estructura de la materia. Es una teoría que puede comprobarse experimentalmente en aceleradores de partículas. Permite establecer cuáles son las llamadas partículas fundamentales, qué partículas actúan como intercambio entre fuerzas fundamentales y cómo puede explicarse la existencia de antimateria. Pertenece al campo de la Física de Partículas y la mecánica cuántica.	Datos (Grounds):	Los aceleradores de partículas confirman la existencia de partículas dentro del modelo estándar.
	Apoyo o respaldo (Backing):	En la teoría del Modelo Estándar de partículas de la mecánica cuántica
	Garantía (Warrant):	Podemos establecer las funciones de las diferentes partículas
	Conclusiones (Claim):	Sirve para conocer la estructura de la materia
	Calificadores modales (Qualifiers):	_____
	Condiciones de refutación	_____

TABLA II. Análisis de argumento correspondiente al alumno 2

ARGUMENTO Alumno 2	ELEMENTOS DEL ARGUMENTO	
El modelo estándar de la física de partículas es una teoría que describe las relaciones entre las interacciones fundamentales conocidas y las partículas elementales que componen una parte de la materia. Es una teoría de campos que es consistente con la mecánica cuántica y la relatividad especial. Hasta la fecha, las pruebas experimentales de las tres fuerzas descritas por el modelo estándar están de acuerdo con sus predicciones. Sin embargo, el modelo estándar no alcanza a ser una teoría completa de las interacciones fundamentales debido a que no incluye la gravedad, la cuarta interacción fundamental conocida. El modelo tiene ciertos defectos importantes: El problema del número de constantes físicas fundamentales que no pueden ser calculados independientemente. La explicación poco simétrica de la presencia de antimateria. Dentro de él, la materia y la antimateria son simétricas. La preponderancia de la materia en el universo no ha sido suficientemente explicada. Existen alternativas al Modelo Estándar que intentan dar respuesta a estas "deficiencias", como por ejemplo la teoría de cuerdas y la Gravedad cuántica de bucles.	Datos (Grounds):	Las pruebas experimentales han confirmado la existencia de las tres fuerzas descritas por el modelo estándar.
	Apoyo o respaldo (Backing):	El modelo estándar es una teoría de campos que es consistente con la mecánica cuántica y la relatividad especial.
	Garantía (Warrant):	El modelo estándar de la física permite predecir la existencia de interacciones fundamentales entre partículas elementales.
	Conclusiones (Claim):	El modelo estándar no alcanza a ser una teoría completa de las interacciones fundamentales debido a que no incluye la gravedad, la cuarta interacción fundamental conocida.
	Calificadores modales (Qualifiers):	<i>Sin embargo</i>
	Condiciones de refutación (Rebuttals):	Existen alternativas al Modelo Estándar que intentan dar respuesta a sus "deficiencias", como por ejemplo la teoría de cuerdas y la Gravedad cuántica de bucles.

Al analizar el texto argumentativo desde la argumentación inductiva, se puede evaluar el tipo de justificación esgrimido por el alumno, si se analiza la garantía propuesta. Los argumentos de los alumnos 2 y 3 son argumentos de mayor complejidad a los esgrimidos por el alumno 1. Por otra parte, el argumento del alumno 1 no presenta registros que hagan referencia a condiciones de refutación. El análisis primario de estos argumentos, permite inferir "qué" es necesario trabajar didácticamente con los alumnos en general; retomar los temas teóricos ya vistos y reflexionar sobre ellos, para empezar a reestructurar el concepto de modelo estándar con aquellos alumnos que encuentren dificultades al elaborar argumentos dentro de esta área del conocimiento.

TABLA III. Análisis de argumento correspondiente al alumno 3

ARGUMENTO Alumno 3	ELEMENTOS DEL ARGUMENTO	
<p>La pregunta fundamental que las personas se han hecho siempre es ¿de qué está hecho el mundo? ¿Cómo se mantiene unido? El Modelo Estándar de Partículas, es la mejor teoría que los físicos tienen hoy en día para responder estas preguntas. El universo puede ser construido a partir de 6 quarks, 6 leptones y algunas partículas “portadoras de la fuerza”. Hay cuatro fuerzas conocidas (o interacciones), cada una mediada por una partícula fundamental, conocida como partícula intermediaria o portadora. Los quarks existen solamente dentro de los hadrones donde están confinados por la fuerza fuerte. Por tanto, no podemos medir su masa aislándolos. Todas las partículas se clasifican como fermiones o bosones. La diferencia entre ellas es debida al valor de su spin. Los bosones son partículas con spin entero. Los únicos dos bosones en el Modelo Estándar que deben aún ser descubiertos experimentalmente son el bosón de Higgs y el gravitón. Los fermiones son las partículas caracterizadas por un spin fraccionario. Los quarks, leptones y bariones son todos fermiones. Aunque el Modelo Estándar ha tenido mucho éxito en la explicación y predicción de fenómenos experimentales, se pensamos que no puede ser la teoría definitiva de la Física de Partículas dado que no da respuesta a muchas cuestiones de gran importancia. El 96 % del universo no está hecho de materia conocida, por ello con ayuda del LHC habrá que buscar respuestas que permitan ampliar el Modelo Estándar.</p>	Datos (Grounds)	El universo puede ser construido a partir de 6 quarks, 6 leptones y algunas partículas “portadoras de la fuerza”. Los quarks existen solamente dentro de los hadrones donde están confinados por la fuerza fuerte. Todas las partículas se clasifican como fermiones o bosones. La diferencia entre ellas es debida al valor de su spin. Los bosones son partículas con spin entero. Los fermiones son las partículas caracterizadas por un spin fraccionario. Los quarks, leptones y bariones son todos fermiones.
	Apoyo o respaldo (Backing):	El Modelo Estándar de Partículas, es la mejor teoría que los físicos tienen hoy en día para responder estas preguntas acerca del origen del mundo.
	Garantía (Warrant):	Aunque el Modelo Estándar de partículas es la mejor teoría que los físicos tienen para explicar el comportamiento de la materia no responde a todas las preguntas que tenemos acerca de la naturaleza de la estructura de la materia.
	Conclusiones (Claim):	El Modelo Estándar ha tenido mucho éxito en la explicación y predicción de fenómenos experimentales, pero no puede ser la teoría definitiva de la Física de Partículas
	Calificadores modales (Qualifiers):	“..con ayuda del LHC habrá que...” “Aunque el Modelo estándar ha tenido mucho éxito.....”
	Condiciones de refutación (Rebuttals):	El 96 % del universo no está hecho de materia conocida, por ello con ayuda del LHC habrá que buscar respuestas que permitan ampliar el Modelo Estándar.

Desde la garantía propuesta en las argumentaciones, es posible también articular el paso desde los datos a las conclusiones. El apoyo o respaldo es el concepto al que el estudiante debe dar significado. En los textos analizados de esta forma, es posible identificar dónde residen las dificultades de los alumnos, en particular, para comprender un concepto teórico específico. En estos casos se observó que todos los alumnos avanzaron hacia una forma más compleja de expresión de los conceptos puestos en juego. No obstante es necesario señalar que para seguir evolucionando hacia una reestructuración completa que permita alcanzar una complejidad conceptual tendiente a poder resolver autónomamente problemas y demostraciones prácticas de los modelos tratados, debe insistirse aún en la elaboración de refutaciones en los argumentos empleados. Sólo las discusiones que refutan argumentos pueden socavar la creencia de otros. Los argumentos que carecen de refutaciones, pueden ser resultado de un aprendizaje memorístico, y denotar que el alumno no ha podido realizar una reestructuración en sus conocimientos que conduzca a poder analizar bajo qué condiciones es posible aplicar la premisa que está constituida por datos y garantías. Así, las discusiones con refutaciones, son un elemento condicionante de un argumento de

calidad y demuestran una capacidad superior del arte de argumentar dentro de las discusiones y reflexiones científicas.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo expuesto, el modelo presentado, es útil para analizar y elaborar argumentos relativos a la física de partículas. Su uso acompañado de la elaboración de mapas conceptuales, puede indicarnos la construcción de conceptos por parte del estudiante. Esto se puede comprobar en el ámbito educacional universitario, pues, para la enseñanza de la argumentación y la elaboración de argumentos el modelo es claro y estructurado de tal forma que hace fácil su asimilación, en particular cuando se trata de temas científicos desconocidos para los alumnos como el “modelo estándar”. Esto significa que es posible desarrollar la capacidad de estudiantes de Ingeniería, de argumentar en el ámbito científico mediante la aplicación del Modelo de Toulmin y evaluar los argumentos presentados, aspectos fundamentales en su formación, puesto que deben aplicar el conocimiento científico para resolver problemas de diversa índole, a través de propuestas que deben ser validadas y correctamente argumentadas. Además, el modelo presentado permite al docente conocer los conocimientos previos de sus alumnos, sus representaciones y también le informa si se ha producido una reestructuración de sus concepciones previas. El aprendizaje significativo se construye de manera evolutiva, involucra la participación en procesos en los cuales el diálogo, la discusión grupal y la cooperación son centrales para definir y negociar la dirección de la experiencia de aprendizaje. Y finalmente, el papel del docente como postulador de problemas favorece en sus alumnos de ciencias, la construcción del pensamiento crítico.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la SECYTP (UNCUYO) el subsidio otorgado a este Grupo de Investigación.

REFERENCIAS

- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Ed. Paidós. Barcelona
- Boulter, C. J., & Gilbert, J. K. (1995). *Argument and science education. Competing and consensual voices: “The theory and practice of argumentation”*. Clevedon. Multilingual Matters. In P. J. M. Costello & S. Mitchell (Eds.).
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287–312.
- Duschl, R., Ellenbogen, K., & Erduran, S. (1999, April). Understanding dialogic argumentation. Paper presented at the annual meeting of American Educational Research Association, Montreal.
- Duschl, R., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse. *Studies in Science Education*, 38, 39–72.
- García Madruga, Juan Antonio (1990) *Aprendizaje por descubrimiento frente a aprendizaje por recepción: la teoría del aprendizaje verbal significativo*. En COLL, C.: Desarrollo psicológico y educación II. Psicología de la Educación. Madrid. Editorial Alianza.
- Gutiérrez, R. (1989): Modelos de aprendizaje en la Didáctica de las Ciencias. *Investigación en la escuela*. 9, pp.17-24.
- Jiménez-Aleixandre, M., Rodríguez, A., & Duschl, R. (2000). “Doing the lesson” or “doing science”: Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757–792.
- Kelly, G., & Takao, A. (2002). Epistemic levels in argument: An analysis of university oceanography students’ use of evidence in writing. *Science Education*, 86(3), 314–342.

- Kuhn, D. (1992). Thinking as argument. *Harvard Educational Review*, 62, 155–178.
- Moreira, M. The standard model of particle physics. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 31 (1): 1306, 2009
- Moreira, Marco, Pinheiro L., Sayonara, C. (2011) Dificultades y superaciones en la construcción de mapas conceptuales sobre partículas elementales e interacciones fundamentales por alumnos de enseñanza media. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 5, No. 1, March
- Norris, S. P., y Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87, 224–240.
- Ostermann, F. y Moreira, M. (1999) *A física na formação de professores do ensino fundamental*. Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS.
- Pontecorvo, C. (1987). Discussing and reasoning: The role of argument in knowledge construction. In E. De Corte, H. Lodewijks, R. Parmentier, & P. Span (Eds.), *Learning and instruction: European research in an international context* (pp. 239–250). Oxford: Pergamon.
- Pontecorvo, C., y Girardet, H. (1993). Arguing and reasoning in understanding historical topics. *Cognition and Instruction*, 11(3/4), 365–395.
- Saltiel, E. y Viennot, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (2), pp.137-144.
- Sardá J., A. y Sanmartí Puig, N., (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18 (3), 405-422
- Schwarz, B. B., Neuman, Y., Gil, J., y Ilya, M. (2003). Construction of collective and individual knowledge in argumentation activity. *Journal of the Learning Sciences*, 12(2).
- Siegel, H. (1995). Why should educators care about argumentation? *Informal Logic*, 17(2), 159–176.
- Simon, S., Osborne, J., & Erduran, S. (2003). Systemic teacher development to enhance the use of argumentation in school science activities. In J. Wallace & J. Loughran (Eds.), *Leadership and professional development in science education: New possibilities for enhancing teacher learning* (pp. 198–217). London & New York: Routledge Falmer.