



---

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MANIZALES

MAESTRIA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

---

TESIS DE MAESTRIA

---

ENSEÑANZA DE LA ESTRUCTURA INTIMA DE LA MATERIA DESDE LA PERSPECTIVA  
DEL RAZONAMIENTO BASADO EN MODELOS

---

JOHN EDISON CARDONA OCAMPO

Manizales 2015



A mis padres, mi amor y familia

## Tabla de contenido

1	Capítulo 1 EL PROBLEMA DE INVESTIGACION .....	10
1.1	Descripción del problema .....	10
1.2	Pregunta de investigación .....	11
1.3	Justificación .....	12
1.4	Objetivo general.....	14
1.5	Objetivos Específicos.....	14
1.6	Antecedentes .....	15
2	Capítulo 2 MARCO TEORICO .....	18
2.1	Acercamiento Histórico - Epistemológico a el RBM .....	18
2.2	Tipos de modelos desde la perspectiva del RBM .....	23
2.3	RBM Elaboración y manipulación de modelos .....	24
2.4	Expresiones formales de los modelos. Heurísticos del RBM .....	28
2.4.1	Imágenes .....	28
2.4.2	Simulaciones mentales.....	29
2.4.3	Analogías .....	31
2.5	La propuesta Clement de Enseñanza aprendizaje basado en modelos EABM .....	33
2.6	Aspecto didáctico de la EABM.....	33
2.7	Aportes a la didáctica desde la EABM .....	37
2.7.1	La inspección .....	39
2.7.2	Actividades de predicción.....	40
2.7.3	Preguntas disonantes .....	40
2.7.4	Analogías .....	41
	Capítulo 3 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION .....	42
2.8	Metodología de la investigación .....	42
2.9	Diseño de la investigación .....	42
2.10	La unidad didáctica .....	44
2.11	Muestra .....	48
2.12	Validez .....	49

2.13	Instrumentos utilizados para la recolección de la información .....	49
3	Capítulo 4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS .....	50
3.1	Los modelos mentales de Mariana.....	50
3.1.1	Descripción del modelo mental 1.....	51
3.1.2	Descripción del modelo mental 2.....	62
3.1.3	Descripción del modelo mental 3.....	69
3.1.4	Descripción del modelo mental 4.....	77
3.2	Conclusiones .....	84

## Lista de figuras

Figure 1 Esquema de la propuesta de análisis de las analogías usadas por Clement para describir las modificaciones entre los modelos construidos por la estudiante.....	26
Figure 2 Triangulo de la didáctica propuesto por (Chevallard, Joshua, 1982).....	34
Figure 3 Relacion didactica con los modelos mentales .....	35
Figure 4 Aspectos contenidos en el modelo .....	45
Figure 5 etapas del proceso de intervención didáctica.....	49
Figure 6 dimensiones y componentes del modelo mental a analizar .....	50
Figure 7 elementos de las dimensiones y los componentes del modelo mental a analizar.....	51
Figure 8 elementos histórico - epistemológicos presentes en el modelo mental 1 .....	52
Figure 9 representación grafica del átomo en el modelo 1 .....	55
Figure 10 elementos del lenguaje presentes en el modelo 1 .....	57
Figure 11 elementos motivacionales presentes en el modelo 1 .....	58
Figure 12 elementos histórico - ontológicos presentes en el modelo 1 .....	60
Figure 13 elementos histórico - epistemológicos presentes en el modelo mental 2 .....	62
Figure 14 elementos del lenguaje presentes en el modelo 2.....	66
Figure 15 elementos motivacionales presentes en el modelo 2 .....	67
Figure 16 elementos histórico - ontológicos presentes en el modelo 2 .....	68
Figure 17 elementos histórico - epistemológicos presentes en el modelo mental 3 .....	70

Figure 18 Representación grafica de un grupo de átomos en el modelo 3 .....	72
Figure 19 elementos del lenguaje presentes en el modelo 3 .....	73
Figure 20 elementos motivacionales presentes en el modelo 3 .....	74
Figure 21 elementos histórico - ontológicos presentes en el modelo 3 .....	76
Figure 22 elementos historico-epistemologicos presentes en el modelo mental 4 .....	77
Figure 23 Representacion de conjunto de atomos en el modelo 4.....	80
Figure 24 elementos del lenguaje presentes en el modelo 4 .....	81
Figure 25 elementos motivacionales presentes en el modelo 4 .....	82
Figure 26 elementos histórico - ontológicos presentes en el modelo 4 .....	83

## Introducción

La enseñanza de las ciencias naturales y en especial de la química, precisa en la actualidad, de todos los aportes que desde la investigación se puedan producir, el ejercicio investigativo es importante dado que conlleva al mejoramiento de los procesos de enseñanza y por tanto al aprendizaje. Las experiencias de aula pueden ser enriquecidas a partir de los resultados de las diversas investigaciones que en el campo de la didáctica se producen día a día, en especial aquellos que posibilitan la identificación de obstáculos de enseñanza y también aquellos que formulan acciones de enseñanza encaminadas a brindar espacios a los estudiantes, para construir modelos por medio de los cuales puedan interpretar los fenómenos naturales y artificiales que los rodea.

Desde los primeros intentos de Kenneth Craik, a quien Johnson-Laird (1983, 2004, 2005) considera el precursor de la teoría de los modelos mentales, la cual busca una explicación a las formas y mecanismos utilizados por los razonantes para “pensar”, y desde allí interpretar la realidad, esta cuestión ha sido desde un principio uno de los ejes articuladores de las ciencias cognitivas. En la actualidad referenciamos la formulación de la teoría del Razonamiento Basado en Modelos (RBM) propuesta por Nancy Nersessian y su antecesora, la teoría de los Modelos Mentales de Phillippe Johnson-Laird, las cuales enmarcan el propósito de dar una mirada distinta a la tradicional sobre los procesos de razonamiento. Este trabajo tiene su base en las teorías y autores referenciados, pero se diferencia de ellos dado que tiene un enfoque didáctico, que más que explicar los mecanismos de razonamiento, intenta utilizarlos para mejorar el proceso de enseñanza.

Para la presente propuesta, se presenta un planteamiento que resalta la necesidad de tener en cuenta, las dimensiones: afectiva, social, motivacional (Pintrich 2010) y ontológica; para que el

modelo mental esté completo y no solo se tenga en cuenta el modelo conceptual, como tradicionalmente se ha venido haciendo.

Se desarrolla en este trabajo, una primera parte que expone un acercamiento histórico y epistemológico al Razonamiento Basado en Modelos (RBM), el cual muestra cómo funciona la construcción de modelos y el razonamiento a partir de estos, así como los mecanismos de elaboración y manipulación por parte del razonante; seguido por un análisis de los aportes didácticos del RBM, como se muestra en la propuesta de John Clement: Enseñanza y Aprendizaje Basado en Modelos (EABM) destacando de esta manera, los elementos que permiten vincular el RBM a las experiencias de aula.

La segunda parte está dedicada a los aspectos metodológicos, en el que se incluyen análisis y discusiones de la información recolectada. Se presenta una unidad didáctica (UD), construida con el objetivo de centralizar las acciones de enseñanza, encaminadas a guiar al estudiante hacia la evolución del concepto de Estructura Intima de la Materia (EIM), desde la perspectiva del RBM; mostrando los modelos propuestos y los criterios que ubican al estudiante en cada uno de ellos. La metodología central es un estudio de caso, en el cual se describen algunos de los elementos que componen los Modelos Mentales así: 1) Histórico - Epistemológico 2) Lingüístico 3) Motivacional 4) Histórico – ontológico; de esta manera se identifican diversos modos y estrategias presentes en el enfoque de EABM. Los modos se definen como un conjunto de estrategias que cumplen una función en la construcción de los Modelos Mentales (Clement, 2009), para ponerlos en competición, refutarlos, confirmarlos, o adicionarles información.

La tercera parte está dedicada a presentar las conclusiones y reflexiones que surgieron del proceso didáctico - investigativo, y que se consideraron aportes centrales para la didáctica de las ciencias.

Se desarrolló el proceso de enseñanza, a través de la Unidad Didáctica (UD) con una estudiante de grado 10 de una institución de carácter privado del municipio de Villamaría Caldas, se categorizaron las evidencias recolectadas, las cuales permitieron identificar la evolución de los modelos expresados, los Modelos Mentales, y las etapas que se presentaron durante la fase experimental.

# 1 Capítulo 1 EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

## 1.1 Descripción del problema

El estudio de la composición, estructura y propiedades de la materia, encuentra su fundamento en el análisis de sus componentes mínimos, la química “se centra en el estudio de la materia, sus características, propiedades y transformaciones a partir de su composición íntima” (Pozo 2006) por tanto estudiar la estructura atómica, es uno de los pilares de la enseñanza de la química, tema básico de la química general, que convoca a aprender fundamentos desde los primeros años de estudio escolar, que traspasen lo memorístico, lo puramente abstracto y de paso a la aplicación y uso significativo de los conceptos.

Al estudiar la química, se debe dar una mirada a su estructura íntima, ya que en ella se encuentra la explicación a los fenómenos físicos, así mismo para estudiar la materia y sus cambios de estado, se debe asumir la materia como discontinua, compuesta de átomos y propiamente centrada en la interacción de las partículas que la componen.

Podemos afirmar, que el estudio de los mecanismos de razonamiento nos enseñan la esencia de cómo modelamos la información adquirida y construimos conceptos. Nersessian (2007) habla de tres heurísticos o “técnicas de abstracción” diferentes, aunque suelen ser utilizados de forma combinada: (1) razonamiento analógico; (2) razonamiento a través de imágenes; y (3) experimentos mentales. Para la autora, los tres son procesos de modelización muy importantes, que prevalecerían en los períodos de cambio conceptual radical.

En los trabajos citados, sobre la teoría de RBM se presentan dos momentos: primero, a partir de 1992 con la publicación del primer trabajo de Nersessian, que se sitúa en el contexto de las ciencias cognitivas, trabajos posteriores tratan de establecer un puente entre la teoría del RBM y

educación, allí podemos encontrar las propuestas de John Clement (2009), quien analiza la aplicación de la teoría sobre RBM en educación, evaluando las posibilidades que ofrece, en la enseñanza el aprendizaje de las ciencias.

Al describir los modelos expresados sobre EIM presentes en los estudiantes, se puede hacer una contrastación entre dichos modelos con el saber científico, sobre dichas relaciones (Pozo 2007) resalta las dificultades que tienen los estudiantes para superar lo evidente y relacionarlo con el saber científico, además, estas interacciones entre conocimiento común y conocimiento científico, pueden encontrarse compatibles, incompatibles o independientes (Pozo 1999).

La presente investigación pretende abordar la enseñanza de la EIM desde la perspectiva del RBM, teniendo en cuenta la aplicación en didáctica, partiendo de la base de que los estudios sobre los Modelos Mentales se centran en la información ofrecida por los modelos representativos o conceptuales, es decir, se busca describir los modelos presentes en los estudiantes en cuanto a estructura atómica, teniendo en cuenta los componentes motivacionales, socio-culturales, históricos, cognitivos y metacognitivos. Este acercamiento a los modelos conceptuales, permite hacer una contrastación entre dichos modelos (de los cuales surge lo que cree saber o sabe el estudiante) y el saber científico, para identificar coincidencias o diferencias.

Por lo tanto, al analizar los cuestionamientos desde la enseñanza de la química, el RBM y las necesidades en términos investigativos, surge una pregunta:

## 1.2 Pregunta de investigación

¿Cuáles acciones de enseñanza, desde la perspectiva del RBM, posibilitan la transformación de los Modelos Mentales presentes en los estudiantes sobre EIM, para acercarlos a los modelos conceptuales estándares?

### 1.3 Justificación

El objeto de estudio de la didáctica de las ciencias naturales, son las relaciones que en el aula se construyen entre los estudiantes, el conocimiento y el maestro. La pertinencia de este estudio, radica en los aportes que se produzcan desde la investigación, hacia la optimización de los procesos dados en estas relaciones. Para la enseñanza de la química y específicamente al estudiar la enseñanza de la EIM, se pretende generar una propuesta desde el RBM, profundizando en las relaciones maestro-alumno; las cuales se representan en las acciones conocidas como “devolución e implicación”, que más adelante se expondrán y que (Dámore, 2002) define como la relación recíproca entre los actores de dicha relación.

El problema a resolver en esta producción, no está sujeto a la química como ciencia, sino más bien a la enseñanza de ésta, más aun, a la enseñanza desde el razonamiento, el cual es un tema recurrente que abarca la filosofía de las ciencias, la lógica, la filosofía y sobre todo, la psicología cognitiva (Ramirez 2010). Posterior al abordaje del razonamiento, es necesario analizar las construcciones mentales de los estudiantes, a las cuales llamamos Modelos Mentales y que distan bastante de la concepción clásica de razonamiento; la cual se concentra más en las reglas de inferencia, que en el contenido de dicho razonamiento (Cordova 2010).

Al dar una mirada al proceso de aprendizaje desde una perspectiva actualizada, en constante proceso de comprobación y experimentación, se pretende generar resultados desde el campo de la didáctica, que permitan al docente acceder a los modelos de los estudiantes y partiendo de diversas actividades sugeridas, modificar dicho modelo conceptual, para así, construir en conjunto nuevas estructuras que permitan su transformación. De esta manera el concepto no será concepto por sí solo, sino un número indeterminado de elementos, que se relacionan entre sí y que en conjunto componen la conformación del Modelo Mental (En este caso la EIM).

Como propuesta investigativa, el presente constructo pretende describir los Modelos Mentales de los estudiantes en cuanto a EIM; de esta manera, proponer acciones de enseñanza que permitan acercar ese modelo, al modelo estándar y el cual a su vez, se supone cercano al modelo aceptado por la comunidad científica experta en química.

La teoría del RBM y su propuesta EABM, aborda las temáticas desde las construcciones mentales de los estudiantes, las cuales contienen componentes voluntarios e involuntarios, estando estos mediados por múltiples elementos como las ideas previas, la motivación, las interacciones y relaciones sociales. La mediación entre estas relaciones y componentes, permite que desde una perspectiva más amplia se puedan abordar las temáticas, superando lo conceptual y puramente disciplinario, para llevarlo así, a un campo en el que se incluyan otros aspectos que determinan no solo el conocimiento sino también el proceso de aprendizaje en general.

En conclusión, el estudio de la EIM es pilar para la comprensión de los conceptos en química. El RBM puede explicar cómo un razonante construye los Modelos Mentales a través de los cuales interpreta la teoría. La propuesta EABM propicia espacios en los cuales, el conocimiento se pone al alcance de los estudiantes, siendo finalmente la didáctica, la que posibilita generar acciones de enseñanza orientadas hacia el aprendizaje de la EIM y por tanto de la química en nuestros estudiantes.

#### 1.4 Objetivo general

Construir acciones de enseñanza desde la perspectiva del RBM que posibilíten la transformación de los Modelos Mentales presentes en los estudiantes sobre EIM para acercarlos a los modelos conceptuales estándares.

#### 1.5 Objetivos Específicos.

1. Describir los Modelos Mentales presentes en los estudiantes sobre la EIM.
2. Identificar la evolución en los Modelos Mentales de los estudiantes, desde un Modelo Mental inicial hasta el acercamiento al modelo conceptual estándar.
3. Identificar las interacciones entre el modelo conceptual de EIM aceptado por la comunidad científica con el modelo conceptual estándar para grado 10.

## 1.6 Antecedentes

Numerosos trabajos de investigación educativa han mostrado las ideas que tienen los docentes acerca de los conceptos de ciencia, enseñanza y aprendizaje, estos han evidenciado que asociadas a ellas existen rutinas estables para enseñar, que resultan difíciles de cambiar. Por ello se piensa, que es importante implementar acciones para ayudar a modificar la formación de los profesores en cuanto a sus procesos de enseñanza, para que estos repercutan en mejoras en el aprendizaje de los alumnos (Copello Levy y Sanmartí Puig, ob. cit., 2001; Justi, 2006) Citado por (CAPUANO, 2007)

En este sentido, los estudios en didáctica de las ciencias han generado muchos aportes teóricos, que han permitido el mejoramiento del proceso de enseñanza, pero de igual manera se han suscitado debates, cuestionamientos y nuevas teorías que siguen en discusión, ejemplo de ello, es el concepto y aplicaciones de los Modelos Mentales. Desde la década de los 80, el término modelo ha permeado las esferas académicas de la didáctica y la enseñanza, a partir del trabajo de Johnson-Laird en 1982, llamado *Mental Models: Toward a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness*, en el cual se define el modelo como “representaciones de la realidad hechas por los sujetos razonantes” (Johnson-Laird O. N., 1983), concepción que ha evolucionado hasta nuestros días, pero que sigue manteniendo su esencia; para este trabajo la teoría de Johnson – Laird es fundamental, dado que construye las bases, sobre las cuales más adelante se desarrollaría la teoría de RBM.

Posteriormente, N. Nersessian publica tres trabajos en 1992, 1999 y 2002. En estos, la autora expone ciertos análisis de los mecanismos a través de los cuales los científicos modifican sus teorías, dichos trabajos, hacen énfasis en sus estudios acerca de Cambio Conceptual en el aprendizaje de las ciencias, se enfoca principalmente, en describir los procesos creativos que llevan

a la modificación de modelos iniciales y a la construcción de nuevos modelos a partir de los anteriores.

Nersessian propone una novedosa forma de abordar el razonamiento humano de la cual parte esta investigación, superando la lógica clásica a través de la cual se han estudiado los procesos de raciocinio, sobre los cuales se ha apoyado la idea de enseñanza, sin superar el hecho de que la educación no se reduce a la transmisión de disciplinas o contenidos particulares; lo cual implica, el riesgo de abandonar la perspectiva integral y las distintas dimensiones, en especial, las intenciones educativas más relevantes.

En cuanto a la aplicación de las teorías de RBM en el campo didáctico, encontramos en 2009 un trabajo de Nancy Cordova, en el cual se desarrollan dos núcleos temáticos que se complementan. Primero, se presenta la teoría de RBM y se la sitúa en el contexto de las ciencias cognitivas. Para cumplir con ese cometido, se tienen como principales referentes las obras de Johnson-Laird y Nersessian. Se evidencian las concepciones sobre la cognición que subyace en general a esta teoría y la compatibilidad de la teoría sobre RBM con otras teorías de la ciencia cognitiva, como la cognición distribuida y corporizada. En segundo lugar, se establece un puente entre la teoría del RBM y la educación, se examina un ejemplo de dicha aplicación.

Para complementar la idea de RBM, en 2010 Mary Anne Rea-Ramirez hace un análisis de como el RBM es un debate que atañe a la filosofía de las ciencias, la lógica filosófica y en especial a las ciencias cognitivas. No obstante, resalta su naturaleza inferencial como problemática, en este trabajo se aborda dicho problema identificando la idea precisa de modelo, la cual está inmersa en el RBM. Este trabajo se considera un aporte valioso desde la filosofía de las ciencias hacia la

realidad en el aula, dado que muestra la naturaleza del RBM, desde una perspectiva epistemológica integral de las ciencias cognitivas y la utilización de estos saberes en el campo de la didáctica.

En el capítulo de marco teórico se realiza una exposición histórico-epistemológica que vincula la teoría de los modelos mentales con la didáctica, se ilustran los principales adelantos e investigaciones que a nivel internacional han aportado al desarrollo de los procesos de aula basados en la enseñanza basada en modelos.

## 2 Capítulo 2 MARCO TEORICO

### 2.1 Acercamiento Histórico - Epistemológico a el RBM

Para las Ciencias de la Educación es de suma importancia enriquecerse desde las disciplinas que puedan aportar a su desarrollo, el estudio de los fenómenos educativos en sus múltiples aspectos requiere de los aportes de las Ciencias Sociales y Humanas, la Sociología, y es de particular importancia para este estudio los aportes provenientes de las Ciencias Cognitivas.

Desde la perspectiva de tres autores, Philip Johnson-Laird Como precursor de la teoría de los modelos mentales (Schaeken, 2007, pág. 113), Nancy Nersessian quien propone el razonamiento basado en los modelos construidos por el razonante y John Clement quien a partir de la teoría de RBM propone aportes a la educación y los llama Enseñanza Basada en Modelos EBM.

Partimos de la definición de modelo considerada más acertada (Ramirez, 2010,) cita “Los modelos mentales se componen de elementos y relaciones que representan de manera análogo-estructural un estado de cosas específico...” (Johnson-Laird O. N., 1983, pág. 408)

En 1983 Johnson-Laird publica “Mental Models” en donde propone una teoría semántica sobre representación e inferencia y defiende la necesidad de los modelos en el estudio de la cognición humana (Johnson-Laird 1983). Basado en los postulados de Craik, quien originalmente describía los modelos como “imitaciones de la realidad o simulaciones mentales del estado de las cosas” Johnson-Laird (1983, 2004, 2005), Otro autor destacado por Johnson-Laird es C. Sanders quien propone tres rasgos distintivos de los signos y los clasifica en icónicos, indexicales y simbólicos (Johnson-Laird P. , The history of mental models, 2014, pág. 179) elementos que más tarde se abordarían para construir los componentes de la teoría del RBM.

Para Johnson-Laird la teoría de los modelos mentales enfatiza en la exploración e interpretación de la información contenida en una situación y con esta determina las inferencias ejecutadas por el razonador, los elementos que componen el modelo son objetos artificiales que se construyen desde las diferentes dimensiones del razonador y desde las diferentes incidencias al que el contexto lo expone, desde la motivación, los medios de comunicación y los sentimientos hasta las construcciones teóricas que se han adquirido en la escuela o formación teórica documentada por los científicos. Estos elementos se relacionan entre sí para dar forma al modelo que a su vez es una representación que comparte un vínculo inexistente de isomorfismo (Nersessian N. J., 2008, pág. 99) a través de cada uno de sus elementos.

Después de los postulados de Johnson-Laird en las décadas siguientes Nancy Nersessian publica tres trabajos en 1992, 1999 y 2002 En estos expone sus análisis a los mecanismos a través de los cuales los científicos modifican sus teorías, dichos trabajos hacen énfasis en sus estudios acerca de Cambio Conceptual en el aprendizaje de las ciencias su enfoque principal está en describir los procesos creativos que llevan a la modificación de modelos iniciales y a la construcción de estos a partir de anteriores.

Basada en los hechos anteriormente mencionados, la evolución de los estudios alrededor de los modelos una primera aproximación (Johnson-Laird P. , 2005, pág. 185), Nersessian propone los modelos como “representaciones icónicas basadas en isomorfismos que facilitan las reacciones de proyección entre el modelo y aquello sobre lo cual se razona” (Nersessian N. J., 2008)

Tanto Johnson-Laird como Nersessian proponen una visión diferente a la perspectiva tradicional la cual está ligada al positivismo lógico predominante en el siglo XX (Hempel 1952 citado por (Nersessian N. , 1999, pág. 136) con la que se ha abordado el razonamiento hasta la aparición de

la teoría de modelos de Johnson-Laird, en donde se pretende ver el razonamiento humano desde una perspectiva más flexible y no ligada a procesos mediáticos y rígidos similares al método científico.

Visión tradicional	Cuestionamientos desde RBM
El razonamiento esta sometido a reglas formales y funciona de forma similar y generalizada	¿Cuándo se aprenden esas reglas?
Al partir de una premisa correcta, se llegan a conclusiones correctas.	¿Cómo se explican los errores en los proceso de razonamiento?
Exige una estructura mental, que procese información a partir de reglas logias	¿Dicha estructura es innata o adquirida?

Tabla 1. Comparación entre razonamiento según la visión tradicional y la perspectiva del Razonamiento Basado en Modelos.

El razonamiento está sometido a reglas formales y funciona de forma similar y generalizada ¿Cuándo se aprenden esas reglas? Al partir de una premisa correcta, se llegan a conclusiones correctas. ¿Cómo se explican los errores en los proceso de razonamiento? Exige una

estructura mental, que procese información a partir de reglas lógicas ¿Dicha estructura es innata o adquirida?

De esta manera el razonante no sigue reglas estáticas que al final lo llevan a adquirir una idea, en RBM se le da vital importancia a la predicción (Neserssian 1999) puesto que la capacidad de predecir situaciones futuras o en el caso de las ciencias reacciones a partir de acciones, demarca la diferencia entre el razonamiento humano o toma el procesamiento de información del resto de los animales. Craik citado por Johnson-Laird (1983)

Estas predicciones se sustentan en la manipulación de modelos, los cuales han sido generados en un proceso de traducción de la información recibida desde entorno y en consecuencia es una representación unipersonal de la realidad. De esta manera llegamos al eje central del RBM ya que los trabajos de Neserssian que describen sus investigaciones se centran en tres heurísticos o técnicas de razonamiento, la imagen, la simulación y la analogía.

De esta manera llegamos al concepto actual de modelo, aceptado por la comunidad científica y relacionada con la teoría del RBM desde la perspectiva de Neserssian. Un modelo intenta ser algo funcional equivalente a lo observable pero evidentemente no es lo observable. Los científicos trabajan sobre modelos tratando de explicar o intentando interpretar fenómenos. Un modelo es algo inventado, que se acepta como “válido” si permite explicar los datos conocidos. La perspectiva en la investigación desarrollada por Nersessian se centra principalmente en las prácticas cognitivas de los científicos. Los estudios de las prácticas cognitivas se unen a los métodos de la ciencia los datos e interpretaciones en la construcción de los campos específicos y generales de las prácticas cognitivas de los científicos en la creación y aplicación del conocimiento.

Los principales problemas que se tratan en esta investigación están relacionados a lo que la autora ha llamado “modelo-basado en las prácticas de razonamiento”. Al ir más allá de las nociones aún tradicionales que equiparan el razonamiento con inferencia lógica, la investigación previa se centra en las prácticas de los físicos: modelado analógico, modelado visual y pensamiento experimentado y desarrolla cómo éstos constituyen el razonamiento que genera el cambio representacional.

Sin embargo desde la perspectiva de la didáctica de las ciencias, en este punto el presente trabajo se desmarca de la perspectiva de los autores que exponen las diferentes concepciones de modelos, dado que en su mayoría solo tienen en cuenta los componentes lingüístico y representacional (Lydia Galagovsky, 2001, pág. 231) lo cual atañe directamente a los modelos conceptuales y modelos representacionales. Desde una visión más actual respecto de la educación científica, hay una necesidad de promover el estudio del uso de los modelos mentales en el sistema didáctico, aula de clase y contexto escolar. Este cambio de objeto implica un cambio en la actividad docente ya que se necesita la elaboración, evaluación y aplicación de los modelos y más importante aún quieren conocer y vincular a los procesos de aula el desarrollo, las prácticas culturales y acumulados ontológicos de los estudiantes y la práctica diaria de los profesores (Lehrer, 2000, pág. 39)

Para el presente estudio la aplicación didáctica del modelado puede ser considerada como un razonamiento continuo en el cual el profesor comienza conociendo las capacidades representacionales básicas de los alumnos y trata de aproximarse al entramado de conocimientos científicos (modelos teóricos). En el medio tiene que existir una forma de intermediación representacional (modelos didácticos analógicos), además de los elementos que son elegidos para componer el modelo y la relaciones percibidas o concebidas entre ellos, determinen una representación interna (Moreira M. A., 2002)

## 2.2 Tipos de modelos desde la perspectiva del RBM

La práctica científica es inherentemente una actividad de resolución problemática. La solución de problemas tiene que ver con la construcción de modelos y este es el eje del trabajo. (Nersessian N. J., 2008) Consecuentemente, asistir a los estudiantes en el desarrollo versátil y la comprensión informada de modelos y el modelo relacionado con las prácticas tiene que ser el objetivo primordial de cualquier currículum de ciencias. A continuación se mostrará la clasificación de los modelos desde la perspectiva del RBM, propuestos por Johnson-Laird y retomados por (Clement, 2009)

Johnson-Laird establece una diferencia entre *modelos mentales físicos* y *modelos mentales conceptuales* (Johnson-Laird, 1983). Los modelos físicos representan el mundo físico teniendo como base.

Modelos físicos: Representan el mundo físico teniendo con base la experiencia sensorial directa con el mundo. (Johnson-Laird 1983) Modelos relacionales: representación estática de entidades físicas propiedades y relaciones entre elementos. Modelos espaciales: son modelos relacionales específicamente espaciales. Modelos temporales: secuencias espaciales que ocurren en un orden temporal. Modelos cinemáticos: temporales, físicamente continuos en tiempo real. Y Modelos dinámicos: son cinemáticos pero incluyen las causas de los eventos. Imágenes: exponen las características visibles de modelos tridimensionales

Modelos conceptuales: Representaciones de fenómenos abstractos. Modelos monódicos: aserciones sobre individuos. Modelos relacionales: representan relaciones abstractas. Modelos meta-lingüísticos: contienen las expresiones lingüísticas y las relaciones abstractas entre ellas.

Modelos Teoréticos: representan a través de tokens conjuntos abstractos que no se pueden representar por sí mismos. (Moreira I. M., 1997)

### 2.3 RBM Elaboración y manipulación de modelos

Partiendo desde la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y posteriormente el RBM de Nersessian, se puede afirmar que los propósitos de ambas son mostrar una perspectiva a cerca de los procesos de razonamiento diferente a las tradicionales, en estas se pone en el centro de las investigaciones el razonamiento humano como tal y no las reglas a las cuales se deben ceñir los procedimientos para llegar a una conclusión.

Para los teóricos de los modelos mentales y el RBM, la principal herramienta para la construcción de nuevas ideas es la manipulación de modelos. Para (Nersessian, 2008) Un modelo no es una copia mimética de la realidad o también una representación mental que conserva aspectos esenciales de la realidad que representa, pero no es una reproducción y por tanto Nersessian toma como punto de partida, no el hecho de que los modelos mentales sean la base de todo razonamiento ni que éstos sean de exclusividad humana, sino que constata la existencia de tareas donde efectivamente la creación y manipulación de modelos es un aspecto crucial para la resolución de problemas en los humanos. (Nersessian, 2008 p99.)

Nersessian propone un ejemplo de cómo una persona razona en una situación que le es problemática, si un sujeto necesita trasladar algún objeto de grandes dimensiones, digamos un gran mueble, a través de un rasgo de puerta de dimensiones más bien reducidas, podríamos pensar que la persona podría establecer un listado suficientemente exhaustivo, que describan la situación problema hasta llegar a la aplicación de ciertas reglas y así llegar a una conclusión de cómo debería hacer para solucionar su problema. Nersessian piensa que la modelación ocurre al menos en dos

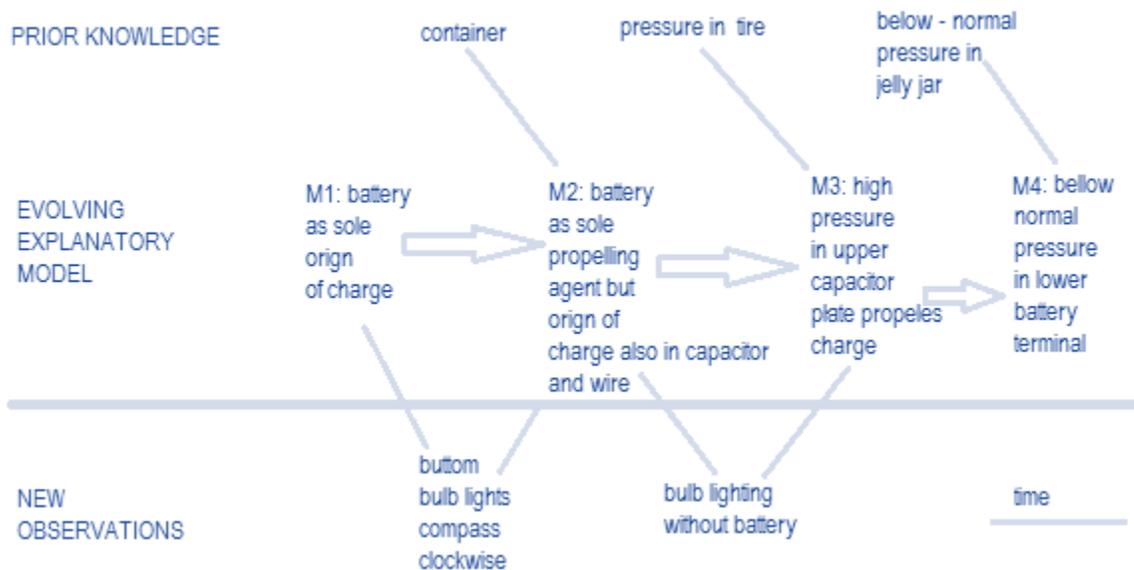
formas, analógica y simulativa. La primera le ayuda al sujeto a comparar la situación con otras situaciones en las que la información disponible se asemeja, que puede servir de ejemplo o molde para el problema a resolver, la segunda de ellas ayuda a pensar en lo que ocurre en una situación como la descrita, entonces la persona construye de una manera puede llamarse automática, una situación mental de la situación real o un modelo de esta que selecciona única y exclusivamente las propiedades que le son relevantes y comienza la modelación sobre estos elementos y las relaciones que existan entre ellos.

Los conceptos evolucionan en la medida que evolucionan los modelos, ya que los conceptos son expresiones formales de los modelos internos (Clement, 2008) Para poder modificar un concepto es necesario recurrir a la manipulación de los modelos que los originan. El trabajo realizado por (Nersessian N. , 1999) “Model based learning in conceptual change” describe de forma cualitativa el cambio en dicho concepto.

Por su parte (Clement, 2009) describe un diagrama en el cual se expresan las modificaciones entre los modelos, los conceptos y las nuevas observa a través de la clasificación de los componentes de las observaciones Fig. 1 : primer nivel conocimientos previos de los estudiantes en el tema, segundo nivel: describe el modelo original y las modificaciones que se producen a partir de las acciones de enseñanza, tercer nivel: las nuevas observaciones que son indicadores para las descripción del modelo.

La investigación se llevó a cabo con una estudiante de 16 años y su proceso en el aprendizaje del concepto de circuito eléctrico, en el cual el asesor determina (Nersessian utiliza el término “Determinate” que en español es cuantitativo y es inadecuado para la investigación cualitativa) el modelo inicial a partir de la descripción de eventos y la resolución de problemas, posteriormente

se muestran analogías y experimentos para explicar los fenómenos y se vuelve a evaluar el modelo a través de las herramientas descritas.



**FIGURE 1 ESQUEMA DE LA PROPUESTA DE ANÁLISIS DE LAS ANALOGÍAS USADAS POR CLEMENT PARA DESCRIBIR LAS MODIFICACIONES ENTRE LOS MODELOS CONSTRUIDOS POR LA ESTUDIANTE.**

De esta manera a partir del modelo identificado como inicial, las modificaciones (modelización) llevan al estudiante al siguiente modelo y luego al siguiente, hasta llegar a uno (Target) que es el que esté en interacción con el modelo escolar o con el aceptado por la comunidad científica, este proceso se acerca a la propuesta Vigotskiana Como aparece en (Clement 2009) conocida como “Scaffolding” que explica como el docente debe proporcionar la estructura sobre la cual el estudiante va escalando (modificando los modelos) y de esta manera estrechando las similitudes entre los componentes del modelo científico y su propio modelo.

Así pues, las ideas erróneas conviven en la mente con las correctas como componentes de un modelo, esta interacción puede ser modificada a través de constantes ciclos de evaluación y revisión a modo de vigilancia epistemológica, haciendo de esta manera evolucionar los modelos por medio del uso de acciones de aula encaminadas a promover el RBM (Clement 2009) tales como las discusiones guiadas, las preguntas discrepantes y la co-construcción teórica estudiante-profesor.

El aprendizaje desde la perspectiva del RBM consiste en la interacción entre conocimientos previos y los razonamientos a partir de las observaciones y el análisis de nuevas ideas (Clement & Steiberg 2009 p112) la mera observación de fenómenos o descripción de teorías en la que se basa el método tradicional de enseñanza, ha demostrado no ser suficiente para generar evolución en los conceptos, el proceso requiere un balance racional-analógico entre los conocimientos previos y las nuevas ideas.

De igual manera los eventos discrepantes, permiten identificar la aparición de un nuevo modelo, ya que cada vez que el razonante construye uno nuevo de acuerdo a la información adquirida, entra en disonancia con el modelo viejo, permitiendo hacer una diferenciación entre los componentes de cada modelo (Clement 2009).

Un indicador de la evolución de los modelos es el contenido semántico con el que se describen los fenómenos estudiados, la modificación de términos al describir fenómenos implica también una transformación en los componentes fundamentales del modelo, como lo indica Neserssian 2008 “Evaluar los modelos implica evaluar sus componentes desde las expresiones formales” por lo tanto es necesaria una recopilación de los términos incluidos en el modelo inicial que posee el estudiante y vigilar su evolución entre modelo y modelo a medida que se acerca al modelo “target”

## 2.4 Expresiones formales de los modelos. Heurísticos del RBM

El proceso de razonamiento implica el uso de los modelos mentales, la toma de decisiones implica a su vez la predicción de situaciones a partir de la información procesada, la creación de conceptos y teorías implica la manipulación de dichos modelos, en este sentido Nersessian habla de tres heurísticos o “técnicas de abstracción” diferentes aunque suelen ser utilizados de forma combinada: (1) razonamiento analógico; (2) razonamiento a través de imágenes; y (3) experimentos mentales. Para ella, los tres son procesos de modelización muy importantes que prevalecerían en los períodos descritas por la autora como creativos o de cambio conceptual radical (Nersessian 1999)

### 2.4.1 Imágenes

La propuesta del RBM considera que dentro de los procesos de razonamiento analógico, el análisis histórico y desde la perspectiva de las ciencias cognitivas, revela entre otros elementos evidencia de que el razonamiento a través de representaciones pictóricas ha jugado un papel esencial en las prácticas empíricas y científicas que han traído consigo nuevas conceptualizaciones.

Estas representaciones mentales mediante imágenes, han sido usadas con frecuencia en conjunción con el razonamiento analógico en ciencias, constituyendo un heurístico que ha servido para focalizar la atención sobre determinados aspectos del fenómeno en estudio y como un nivel intermedio de abstracción entre el fenómeno y la representación matemática mediante fórmulas (Nersessian 2007).

Los modelos constituyen una representación semejante a la realidad aunque no sean copia de ella dada la capacidad que tiene el razonante de definir sus características de acuerdo a las condiciones en las que el modelo sea creado y su forma particular de representar la información.

La imagen mental es una forma de construir modelos, pero a su vez es una forma de exteriorizarlos, a través de los dibujos se puede constatar cuales son las nociones que tienen los sujetos sobre la composición de los conceptos. Dichos dibujos no pueden ser juzgados como exteriorizaciones fieles de los modelos mentales, sino más bien como proyecciones bidimensionales de estos (Cordoba, 2009)

De acuerdo a lo anterior, la imagen mental es una técnica de abstracción muy eficiente al momento de crear los componentes que van a constituir un modelo mental (Nerssessian 2009) pero a su vez son obsoletas para exteriorizarlos, dadas las limitaciones que se presentan conforme a las habilidades para dibujar que posea el razonante para relacionar el modelo pensado con el modelo expresado.

#### 2.4.2 Simulaciones mentales

Cuando procesamos información a través de imágenes los modelos mentales manejan solo representaciones estáticas, pero dentro de la propuesta del RBM también se tiene en cuenta la capacidad que tenemos de realizar experimentos mentales, los cuales manejan representaciones dinámicas, a modo de simulaciones imaginarias. Los experimentos mentales son experimentos dirigidos a la modificación mental de los componentes del modelo, sin necesidad de que se ejecuten, con el objetivo de extraer conclusiones acerca de una situación o fenómeno dado (Nerssessian 2009)

La capacidad de simular está directamente relacionada con una habilidad propia del ser humano, la de imaginar, que se refiere a proyectar en nuestras mentes simulaciones creadas o vividas que funcionan a razón del tiempo, es decir revive situaciones del pasado o simula predicciones hacia el futuro, por tanto las simulaciones mentales se usan para proyectar un estado hipotético de las

cosas después de hacer modificaciones o manipulaciones que pueden ser secuenciales o estructurales.

“Sostengo que las bases cognitivas para las prácticas del razonamiento basado en modelos exhibidas en los ejemplares, y empleadas amplia y variadamente por los científicos, yace en la capacidad humana para el pensamiento simulativo a través del modelado mental. Esta capacidad está enraizada en la habilidad para imaginar – de representar en la mente – situaciones tanto del mundo real como imaginarias, y hacer inferencias acerca de los futuros estados de estas situaciones basados en las comprensiones actuales, con y en la ausencia de instanciaciones físicas de las cosas sobre las cuales se razona” (Nersessian, 2008, p.91).

Al crear simulaciones mentales, podemos acudir a imágenes con movimiento e incluso acudir al pensamiento simulativo para imitar la realidad, un aporte a la argumentación de la importancia de las simulaciones mentales desde la psicología lo hace (Bandura, 1977) quien afirma en su teoría de la observación que “además del aprendizaje activo, otra de las fuentes de nuevos repertorios de conocimientos y conducta humana se sustentan en la observación e imitación de conductas realizadas por otros”

Un experimento mental es útil para realizar predicciones o realizar conjeturas, para prevenir las posibles respuestas ante un estímulo o las posibles consecuencias de una acción, pero al igual que la analogía o la imagen mental este también presenta ciertas limitaciones, ya que una simulación está condicionada por las características conocidas del experimento o propiedades conocidas por el razonante a cerca del modelo.

### 2.4.3 Analogías

La analogía se ha definido como una comparación entre dominios de conocimiento que mantienen una cierta relación de semejanza entre sí. Esta relación de semejanza entre cosas diferentes ofrece una vía útil para que la adquisición de nuevos conocimientos se vaya desarrollando sobre la base de aquellos que ya se han aprendido (Linares, 2006). Otros autores como (Moreno, 2004), afirman que la analogía consiste en establecer un conjunto de relaciones, para comparar características semejantes de determinadas partes de la representación de las estructuras del análogo y el tópico, y permitir mediante dicha comparación la comprensión del tópico. Independientemente del autor que cite para definir las analogías, siempre se coincidirá que estas son una comparación o relación entre algo desconocido con algo conocido, por medio de semejanzas.

Tanto las imágenes mentales como las analogías son representaciones de carácter amodal ya que tienen la capacidad de mantener un carácter representacional semejante a las características de la fuente de información en las que se generó, pero que comparado con la fuente puede tener propiedades distintas e incluso arbitrarias.

Esto explica porque los dominios análogos y target pueden diferenciarse desde sus componentes estructurales, diferenciando los componentes de ambos dominios, semánticos, diferenciando la terminología usada para cada dominio y como se pueden contrastar los términos y relacionarse desde su componente pragmático al referirse al objetivo específico del uso de cada analogía (Linares 2006)

De acuerdo a la complejidad de la analogía utilizada (Rea-Ramirez, 2008) Citados por Cordova 2009) proponen la siguiente tipología

Analogías cercanas v/s lejanas. Las primeras son aquellas donde la base (o dominio fuente) y el target de la analogía comparten un sinnúmero de características, aunque sea de modo superficial. Las segundas consisten en comparaciones donde hay pocas semejanzas, pero estas son altamente significativas. Familiar – estructural - compleja

Analogías familiares v/s no-familiares. Las primeras aluden a comparaciones vinculadas con la experiencia directa de los alumnos y no requieren de mayor aclaración previa a su presentación. En cambio, las no-familiar son aquellas que si bien pueden resultar muy iluminadoras, necesitan que sus componentes sean explicados para conseguir claridad sobre su significado y posibilidades de aplicación.

Analogías visuales-estructurales v/s funcionales. Según el tipo de información que se busca ilustrar a través de la analogía se plantea esta diferenciación, Permite clarificar el propósito que tiene la analogía en relación a las cualidades que pretende evidenciar de un fenómeno. Una analogía visual-estructural se concentra especialmente en aspectos de disposición espacial, mientras que en una funcional en comportamientos y su finalidad.

Analogías simples v/s complejas. Las analogías pueden variar en su complejidad según la formación previa que tengan los alumnos. Una analogía simple puede contribuir a destacar aspectos salientes de un fenómeno, en este sentido una analogía simple es de utilidad para comprender aspectos específicos para ser incorporados en un modelo. El uso de una analogía compleja requiere contar con razonadores capaces de comprenderla, pero su valor puede ser mayor en la medida que puede propiciar comprensiones más profundas de un fenómeno y conducir a la elaboración de modelos más ricos en información.

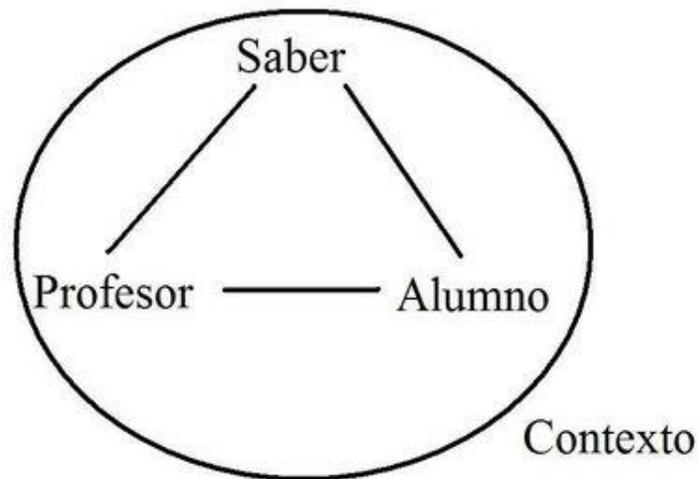
## 2.5 La propuesta Clement de Enseñanza aprendizaje basado en modelos EABM

La propuesta instruccional que se analizará en esta sección (Clement, 2009) se plantea como una nueva perspectiva sobre el desarrollo de procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Toma como punto de partida las teorías de la psicología cognitiva tradicional y el aprendizaje social, incorporando elementos de las teorías epistemológicas sobre el cambio conceptual más tradicionales, pero su base principal está constituida por la teoría del RBM y los Modelos Mentales. Tiene una raíz en la teoría piagetiana sobre el aprendizaje, en cuanto esta implica una reacomodación de la estructura cognitiva del sujeto, y en la Vygotskiana (Baquero, 1997), porque se considera la interacción social como parte constitutiva del desarrollo del RBM en la educación. Como se observará el eje de la EABM está en la interacción profesor-alumno y entre alumnos para el desarrollo de procesos de razonamiento en actividades de investigación colaborativa, usando prácticas de RBM.

## 2.6 Aspecto didáctico de la EABM

El RBM como teoría cognitiva, ha proporcionado herramientas para comprender como funciona el aprendizaje, pero el objetivo de este trabajo consiste en generar acciones que conlleven a mejorar el proceso de enseñanza.

Una propuesta en investigación didáctica conocida como el triángulo de la didáctica (Chavellard, 1982) muestra un modelo sistémico que sirve sobre todo para situar y analizar la naturaleza de las múltiples relaciones que se establecen entre los tres elementos que componen el sistema didáctico Alumno – Maestro - Saber, los vértices del triángulo en el sentido descrito por la llamada “didáctica fundamental” (Henry 1991) Citado por (Dámore, 2002)



**FIGURE 2 TRIANGULO DE LA DIDÁCTICA PROPUESTO POR (CHEVALLARD, JOSHUA, 1982)**

A continuación se muestra una visión analítica de los elementos que componen el sistema didáctico, dicha propuesta es presentada por (Dámore, 2002) (Fandiño 2002)

Cada vértice actúa como un polo de referencia.

El “vértice” *saber* representa el componente epistemológico y ontológico ya que contiene lo esencial del saber llevado a cabo por los sujetos de comunidades científicas y comunidades escolares.

El “vértice” *alumno* representa el polo genético y psicológico ya que contiene tanto los proyectos culturales y personales como los obstáculos ontogenéticos.

El “vértice” *maestro* representa el polo funcional o pedagógico ya que contienen las expectativas pedagógicas implícitas y las creencias relativas al saber

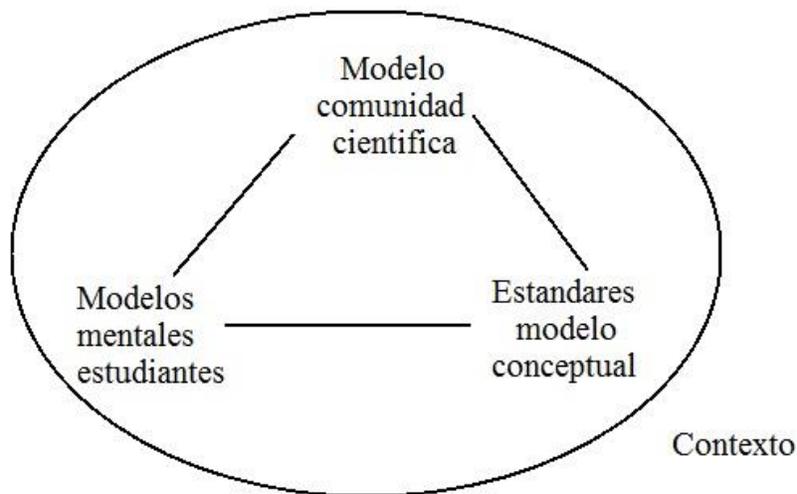
Cada lado evidencia las relaciones entre los dos polos.

El lado saber – alumno representa la acción de aprendizaje.

El lado saber – maestro representa la acción de enseñar.

El lado maestro alumno representa las acciones de “devolución e implicación” que el autor define como la relación recíproca entre los actores de dicha relación.

En este sentido se propone una sobre posición entre el triángulo de la didáctica y la teoría del RBM aplicado a la educación, de esta manera el “vértice” *saber* se asocia con el Modelo de la comunidad científica, el “vértice” *maestro* se asocia a los modelos conceptuales standard en la escuela para cada nivel escolar y el “vértice” *estudiante* se asocia con los modelos mentales construidos por los estudiantes.



**FIGURE 3 RELACION DIDACTICA CON LOS MODELOS MENTALES**

“La ciencia escolar es una transposición didáctica de la ciencia que producen los científicos” (GÁNDARA GÓMEZ, 2002) conocer las características que separan los saberes que se llevan al aula de los saberes que producen los científicos, tendría que servir para detectar posibles dificultades en su enseñanza. Aquí radica la importancia de relacionar los modelos pero también diferenciar claramente las características de cada uno.

la transposición didáctica nos brinda una herramienta que puede servir como puente entre ambos modelos Escolar y científico, esta transposición didáctica es la que demarca las realidades al interior del aula y por ende lo que sucede entre el modelo científico y el estándar construido en el aula respecto a lo que puede ser o no conforme con la ciencia, por tanto es necesario ahondar en los componentes que desde la epistemología se refieren a las explicaciones de los científicos sobre los procesos en el aula, desde esta perspectiva (Merce Izquierdo, 1999) propone el modelo cognitivo de ciencia escolar que para la relación modelo científico y modelo escolar, puede brindar elementos de importancia al momento de establecer la relación.

El modelo cognitivo de ciencia escolar Consideramos que el modelo cognitivo de ciencia escolar (Izquierdo, 1996) es una propuesta poderosa de la didáctica de las ciencias naturales, principalmente porque caracteriza la ciencia en el aula como una actividad cognitiva y discursiva. Dicho modelo se inspira en la filosofía cognitiva de la ciencia (Giere, 1988) y provee una visión unificadora de la ciencia erudita y la ciencia escolar, debido a su concepción semántica (representacional) de las teorías científicas (GONZÁLEZ GALLI, LEONARDO; ADÚRIZ-BRAVO, AGUSTÍN y MEINARDI, ELSA 2005)

Para los estudiantes los fenómenos a los que pueden tener acceso son reducidos debido a la complejidad de los modelos científicos, específicamente en el caso de las ciencias naturales los

estándares demarcan los objetivos y los contenidos (MEN 2006) pero son las realidades dentro del aula las que contienen la relación saber científico saber escolar, y en el sistema didáctico se encuentran representados en el triángulo maestro-alumno-saber. En donde cada modelo está ligado a otros modelos por medio de relaciones de semejanza. Dichos modelos están lingüísticamente caracterizados por ciertos postulados que forman el núcleo de la teoría, y que son el objeto de enseñanza de la biología escolar. En conjunto, la teoría evolutiva constituye una componente irreducible –fundamental y estructurante– del currículo de ciencias naturales. (Izquierdo 2006)

## 2.7 Aportes a la didáctica desde la EABM

Desde la década de los noventa y especialmente al iniciar el siglo XXI ha aumentado el reconocimiento del rol de los modelos y la modelización en la enseñanza y el aprendizaje (Chi Chou & Liu 2000 Gilbert & Boulter 1998) las instituciones educativas se han visto avocadas a la utilización de los modelos y las comunidades intelectuales han hecho aportes a descubrir sus aplicaciones en el aula (Chi, Slotta & Leew 1994, Clement 1993 Rea Ramirez 1998, Driver 1992) y a partir de este comportamiento emergente surge la propuesta objeto de análisis en el presente texto “Model Based learning and teaching” Enseñanza y aprendizaje basado en modelos (EABM) (Clement 2000, Golbert & Bucke 2000)

La enseñanza y el aprendizaje de conceptos, necesitan apoyarse de un sin número de aportes que provienen de diferentes ciencias y disciplinas, dado el carácter social de las ciencias allegadas a la educación y al hecho que es en seres humanos en quienes se aprende o enseña, es importante tener en cuenta los componentes culturales y el contexto en el cual se lleva a cabo al realidad educativa. La propuesta del EABM busca promover a través de propuestas didácticas el pensamiento crítico y el aprendizaje útil para el estudiante, ya que un modelo se construye desde la fuente de

información pero determinada por un contexto al ser estructuras involuntarias e inexistentes (Johnson-Laird O. N., 1983)

Tanto Nersessian como Clement realizan importantes aportes desde sus trabajos e investigaciones a la educación desde la perspectiva del RBM, Nersessian 2008 demuestra cómo se desarrolla la resolución de problemas a partir del modelamiento, por su parte Clement pone a prueba el rol de los modelos en las prácticas de enseñanza a través de unidades que analizan desde el RBM los conocimientos de los estudiantes.

Teniendo en cuenta que ya se esgrimieron algunos elementos sobre la diferencia entre los modelos mentales y los modelos expresados, es necesario precisar que los procesos de EABM y en relación el sistema didáctico se llevan a cabo sobre los expresados por los estudiantes, ya que a partir de ellos se sitúan los elementos de los modelos escolares estándar cuyo objetivo final es acercar dichos modelos expresados a los modelos de las comunidades científicas en las disciplinas específicas.

Las investigaciones de Nersessian buscan también develar el mecanismo cognitivo a través del cual los científicos llegan a conclusiones y elaboran nuevas teorías, Clement 2009 con las investigaciones alrededor de la EABM propone un camino a la luz de la didáctica que posibilite generar espacios (Por parte de los docentes) para que los estudiantes elaboren conceptos, a través de la emulación de la ruta (Modelos y modelización) descrita por Nersessian a cerca de la creación de conceptos por parte de los científicos.

La propuesta de la EABM supera la concepción tradicional en dos sentidos, primero supera la educación tradicional, dado que parte de los modelos de los estudiantes y modeliza el concepto hasta llegar a uno estándar y convencional, segundo, la concepción tradicional de razonamiento

ligada al método científico y que se ciñe a la existencia de un mecanismo rígido de pasos a seguir para llegar a una conclusión a partir de una premisa. La teoría de EABM demuestra que la creación de modelos y la manipulación de estos a través de los procesos de co-construcción estudiante-maestro llevan a la adquisición de nuevos conocimientos.

La principal contribución que se evidencia desde el RBM a la educación es la claridad con la que se proponen estrategias para conducir formas de aprendizaje constructivo comunicativo y creativo a la vez. El conocer el proceso a través del cual se adquieren nuevas ideas y a partir de allí se crean conceptos, brinda una base epistemológica de cuales son las acciones que se deben llevar a cabo en el aula de clases para dar sustento a los procesos de enseñanza.

El presente trabajo se refiere específicamente a la relación docente – estudiante y a la enseñanza del concepto de Estructura íntima de la Materia (EIM) desde las herramientas que el RBM puede generar para el andamiaje que el estudiante necesita y así de esta manera acercarse al concepto (Modelo científico). Para ello se trabajan 4 acciones que potencian la construcción, evaluación y competición de modelos en el aula.

#### 2.7.1 La inspección

“Se refiere a la indagación de conocimientos previos de los estudiantes, para determinar cuáles son sus representaciones de base al momento de razonar sobre una situación” (Cordova 2009) estas representaciones iniciales provienen de la experiencia adquirida por el alumno acerca del comportamiento de los fenómenos y la información adquirida previamente sobre los componentes de sistema o el concepto sobre el cual se está trabajando, la inspección es eficaz para predecir determinadas actitudes frente al tema, pero no siempre coinciden con el punto de vista científico, es decir, entonces que dichas ideas generalmente difieren en diferentes aspectos del punto de vista

científico, pero no lo son desde el punto de vista del alumno ya que el modelo inicial cumple una función útil en el procesamiento cotidiano de la información.

Las ideas previas son construcciones que los sujetos elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales o conceptos científicos, y para brindar explicaciones, descripciones o predicciones. Son construcciones personales, pero a la vez son universales y muy resistentes al cambio; muchas veces persisten a pesar de largos años de instrucción escolarizada.

#### 2.7.2 Actividades de predicción

Las actividades de predicción son aquellas que se realizan con el objetivo de visualizar los aportes y limitaciones que tiene un modelo expresado para aportar a las explicaciones de un fenómeno, una actividad de predicción funciona también, emulando la actividad científica, puesto que los científicos, hacen predicciones todo el tiempo. De hecho, los científicos utilizan las predicciones como parte de sus hipótesis o preguntas que intentan responder por medio de sus experimentos, de la misma manera se pueden promover acciones que lleven al estudiante a predecir acciones en caso de una idea o predecir reacciones en el caso de un concepto.

La labor del maestro consiste en generar espacios en los cuales los estudiantes puedan poner a prueba sus modelos, puedan preveer modificaciones al concepto frente a nueva información o puedan proponer y luego corroborar todas estas predicciones con el modelo conceptual.

#### 2.7.3 Preguntas disonantes

Las preguntas disonantes son preguntas que plantean soluciones desde diferentes aspectos referidos al problema conceptual o fenómeno tratado, con el fin de atraer la atención de los estudiantes, porque se esbozan de forma llamativa o interesante, sino que, su principal objetivo es

fomentar la investigación constante y generar nuevos conocimientos en la clase. Podría decirse que ellas son “motores” que impulsan la búsqueda y creación de un nuevo saber en el aula.

Dichas preguntas ofrecen grandes beneficios dado que llevan a la disonancia productiva y encauzan los aprendizajes que realizan los estudiantes, en el aula y fuera de ella. Estas ayudan a limitar y estructurar los ejes generadores, que por su amplitud resultan extensos, lo cual permite a los profesores establecer hasta dónde llegar en una unidad o durante el año escolar.

#### 2.7.4 Analogías

La analogía es una de las herramientas más comunes en la enseñanza de las ciencias. No cabe duda de que una buena analogía puede ayudar a los alumnos a entender aspectos difíciles de los contenidos y a formarse una imagen simplificada de determinados modelos o de procesos complicados. Sin embargo, las analogías pueden ser a veces una fuente de conflicto conceptual y de concepciones erróneas. Con frecuencia, al elaborar una analogía es necesario simplificar el modelo o el fenómeno original hasta extremos que se traducen en una comprensión superficial del mismo.

Las analogías parecen ser útiles para codificar y organizar el nuevo conocimiento, para acceder y recuperar información previamente almacenada en la memoria, para generar conflictos cognitivos mediante nuevos marcos conceptuales que permiten superar concepciones erróneas y crear nuevos esquemas representacionales (Linares, 2004). Permiten transferir de una forma más dinámica lo que es semejante y útil de un dominio conocido a uno desconocido, para que este último pueda ser integrado a la base de conocimientos del sujeto (González, 1997).



Etapa 1: De acuerdo con el objetivo específico número uno, en esta etapa se realizará la recolección de la información que nos permitirán describir los modelos expresados y su evolución en Estructura Intima de la materia, por medio de una serie de intervenciones en el aula, en la que se integran elementos lingüísticos y conceptuales a través del análisis de los registros diagramáticos y escritos, preguntas que generan predicción de fenómenos y simulaciones mentales además de preguntas tanto conceptuales como de tipo metacognitivo. Todo esto consignado en una unidad didáctica llamada “Modelo Atómico y Organización de la materia” la cual se diseña para aplicar en un periodo de 4 semanas, con estudiantes de grado decimo.

Según el esquema el proceso se llevara a cabo asi: 1) Identificación del modelo inicial por medio de análisis de imagen expresada (pictórico) y análisis de los registros lingüísticos, un test motivacional, un test de elementos metacognitivos, elementos extraídos de las influencias socio-culturales y un test para abstraer elementos de tipo conceptual 2) intervención didáctica a través de acciones de enseñanza propuestas por la EABM y los heurísticos del RBM.

Etapa 2: De acuerdo con el segundo objetivo específico se realizara el análisis e interpretación de los resultados, caracterización de los modelos a través del instrumento, que permita contrastar los componentes de los modelos mentales de los estudiantes con los modelos estándar para grado decimo.

Etapa 3: De acuerdo con el objetivo general, se definirán las acciones de enseñanza que potenciaron el aprendizaje del concepto de EIM desde la perspectiva del RBM.

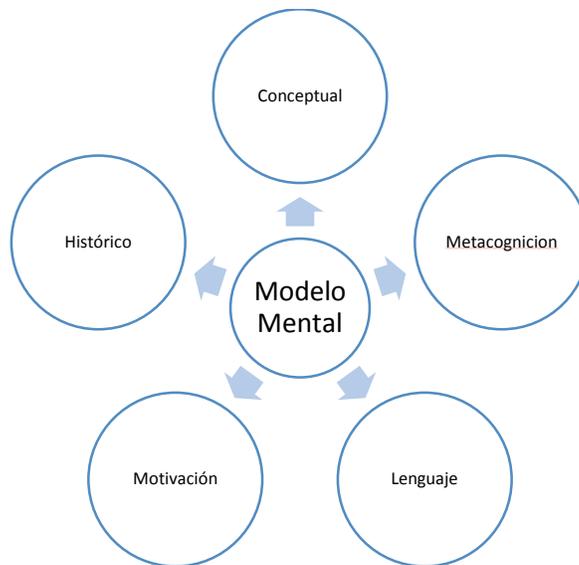
## 2.10 La unidad didáctica

<b>Modelo inicial</b>				<b>Modelo n</b>
Identifica estados Describe.	<b>Modelo 1</b>	<b>Modelo 2</b>	<b>Modelo 3</b>	Compara componentes del modelo
Lingüístico Conceptual Motivacional pictórico				Lingüístico. Conceptual. Motivacional. pictórico

### 1

La etapa número 1 exige la construcción de una Unidad Didáctica como instrumento de investigación que contiene los elementos necesarios para describir los modelos y al mismo tiempo, las actividades que pretenden modificar dichos modelos. La propuesta de unidad didáctica se basa en la estructura propuesta por (Tamayo, Estudio multidimensional de las representaciones mentales, 2001) y enriquecido por los criterios para el diseño de unidades didácticas de (Sanmartí, 2000) y partiendo de la concepción de unidad didáctica “como un proceso flexible de planificación de la enseñanza de los contenidos relacionados con un campo del saber específico” también planteado por Tamayo en el texto de El Aula Multimodal de 2006.

La unidad didáctica tiene como componentes centrales (fig. 4) aspectos lingüístico, metacognitivo, conceptual, socio-cultural e histórico de acuerdo con (Tamayo, 2010)



**FIGURE 4 ASPECTOS CONTENIDOS EN EL MODELO**

“Los diferentes componentes de la UD permiten ubicar la temática científica objeto de estudio en un contexto temporal, lo que permite relacionarla con otros acontecimientos de otras disciplinas y hacer un entramado en el cual el hecho científico se observa como un elemento relacionado con otros sucesos” además la unidad didáctica tiene en cuenta el componente conceptual de los modelos expresados por los estudiantes en EIM el cual que permite la explicación los fenómenos del análisis científico, aplicando a los métodos utilizados para ésta, los lenguajes formales, los instrumentos que se utilizan para las mediciones y verificaciones y los criterios de racionalidad y de objetividad del análisis de un fenómeno.

Ideas previas o descripción del modelo inicial

Driver (1998) define ciertas características de las ideas previas como que son construcciones individuales y que deben ser analizadas en el contexto individual, partiendo de la concepción a de autores como (Duit, Roth, & Komarek, 1998) que definen la “idea previa como aquellas

concepciones o representaciones que traen los estudiantes antes de adquirir un conocimiento formal; entendido este último, como el conocimiento que abarca el entendimiento y comprensión de los conceptos científicos” citado por (Tamayo, 2010).

La propuesta de esta UD consiste en hacer una descripción del modelo inicial de los estudiantes en cuanto a la EIM, para lo cual no se hace identificación de ideas previas sino una descripción del modelo inicial, propuesta que se contrasta dado que involucra elementos comunes y tiene objetivos similares: las ideas previas pretenden reconocer el papel activo que las concepciones de los estudiantes tienen en el aprendizaje de los conceptos científicos y los modelos iniciales son constructos teóricos de los estudiantes que sirven como punto de partida para la incorporación de nuevos saberes.

Además, al igual que las ideas previas los modelos iniciales influyen en el proceso de modelado mental que involucra el uso de repertorios de experiencias almacenados en la memoria, la elaboración de nexos entre diversos dominios de conocimiento y el uso de la imaginación, estas prácticas cognitivas son los cimientos de los saberes que se van a incorporar a medida que se desarrolle la UD.

Según Johnson-Laird (1983) Un modelo es un grupo de objetos o elementos con propiedades, relaciones y funciones definidas sobre el conjunto de tales objetos, por lo tanto para describir el modelo inicial se han dispuesto componentes del modelo (artificiales y elegidos de entre los múltiples existentes) que comprenden los dos aspectos fundamentales a trabajar el conceptual y el histórico de la EIM, dichos componentes son:

Modelos atómicos: A medida que ha evolucionado la teoría, los científicos han expresado los las teorías y descubrimientos a través de modelos, el conocimiento de estos nos ayuda a entender que en cada momento los científicos han usado lenguajes y códigos diferentes que hoy nos llevan a identificar el avance en dichas representaciones y nos ayudan a comprender que los científicos “pensaban en términos actuales”. Las teorías se presentan muchas veces como verdaderas o falsas, juzgándolas a la luz del conocimiento actual, sin poner de manifiesto que en su momento fueron esquemas conceptuales útiles para interpretar las experiencias conocidas y para abrir nuevos caminos. (Asimov, 1965)

Discontinuidad: Los modelos suelen ser descritos en términos específicos de acuerdo a sus componentes y características, dicha terminología describe las propiedades particulares de la teoría que el modelo trata de representar, en este caso la composición del átomo, así mismo a medida que se transita de un modelo otro el concepto de continuidad y discontinuidad también ha cambiado, el proceso histórico muestra la evolución desde la continuidad hasta las teorías aceptadas para la época actual.

Enlace entre átomos: Algunos de los conceptos que emergen con un contenido cualitativamente distinto son los de orbital atómico y orbital molecular que ahora designan regiones que con determinada probabilidad se encuentra la nube de electrones; las nociones de energía de enlace para indicar su fortaleza, radio o distancia internuclear promedio para señalar las posiciones relativas de los núcleos, densidad electrónica relativa para denotar la existencia de los sitios activos responsables de la reactividad, y orden de enlace para advertir la multiplicidad que presentan los átomos al enlazarse.

Lenguaje usado: Desde la perspectiva de Johnson-Laird el lenguaje es una virtud complementaria de la teoría de los modelos mentales el estudiar detenidamente la relación entre la percepción del mundo y el uso del lenguaje, mostrando que los modelos constituyen el puente entre el lenguaje y el mundo, permitiendo al sujeto referirse al mundo mediante el lenguaje.

"A pesar de que el sistema de comprensión del lenguaje no puede realmente conectar expresiones en lenguaje natural con las realidades extra-lingüísticas a las cuales sustituyen, lo logra efectivamente mediante la construcción la más fiel posible de un duplicado del mundo en la mente del hablante. De esta manera, la teoría de los modelos mentales muestra cómo el lenguaje natural se relaciona con el mundo y porque, en los casos simples, las expresiones de las lenguas naturales hacen referencia a elementos del mundo y no a elementos de los modelos mentales." (M. Garnham, 1996).

Metacognitivo: Desde una perspectiva clásica de enseñanza, en las aulas no se fomentan los procesos de reflexionar sobre los propios saberes y la forma en que se producen, no solo los conceptos, sino también el aprendizaje. Es decir que por lo general, suelen ignorarse los factores epistemológicos que intervienen en la formación y desarrollo de las estructuras cognitivas de los estudiantes, factores primordiales cuando se trata de lograr un cambio en los alumnos, que vaya desde las concepciones espontáneas o alternativas, hacia las concepciones científicas.

### 2.11 Muestra

La investigación se realizó con una estudiante de 16 años cursante del grado decimo en una institución educativa de carácter privado del municipio de Villamaria en Caldas, es una estudiante de resultados promedios en el área de las ciencias naturales con un promedio académico hasta el

año anterior a la realización de la investigación de 87 sobre 100, la estudiante fue seleccionada de un grupo piloto de seis estudiantes quien voluntariamente aceptó participar de la investigación.

### 2.12 Validez

La validación de los instrumentos diseñados se hizo a través de la aplicación inicial de pruebas piloto, la valoración de expertos, propuestas validadas de la literatura y de investigaciones previas. A partir de estas pruebas de validez y con base en los lineamientos generales encontrados además de las recomendaciones de los expertos, se realizaron modificaciones a la Unidad didáctica en los cuestionarios y en las actividades de intervención.

### 2.13 Instrumentos utilizados para la recolección de la información

La recolección de la información se hizo a partir de los elementos expuestos durante la aplicación de la unidad didáctica, en esta se ubicaron los diferentes elementos de los modelos mentales. Se sistematiza entonces los componentes de cada uno de los modelos mentales en cuatro dimensiones: Conceptual, motivacional, histórico-ontológica y comunicativa, describiendo en cada modelo (Modelo inicial 2,3 y 4) cuales con las concepciones expresadas y condiciones de cada dimensión, además de como la intervención didáctica proporciona espacios para la modificación de los elementos contenidos en estas dimensiones.

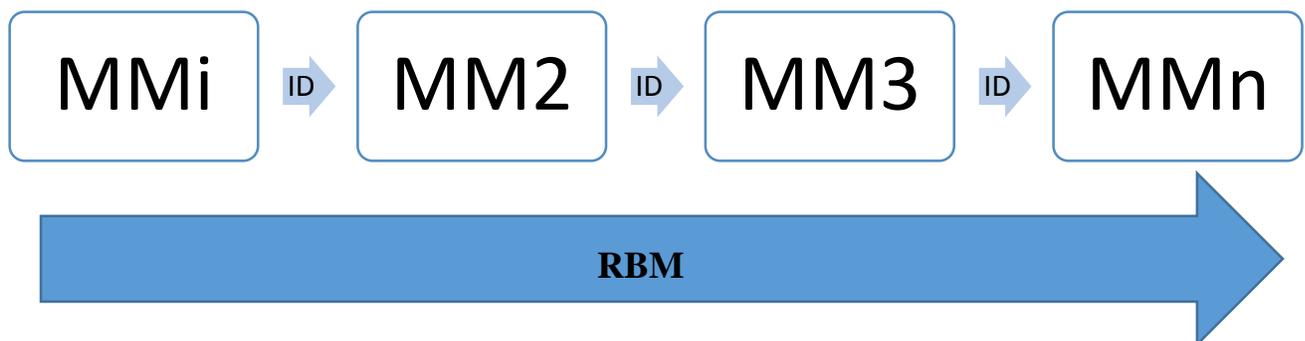
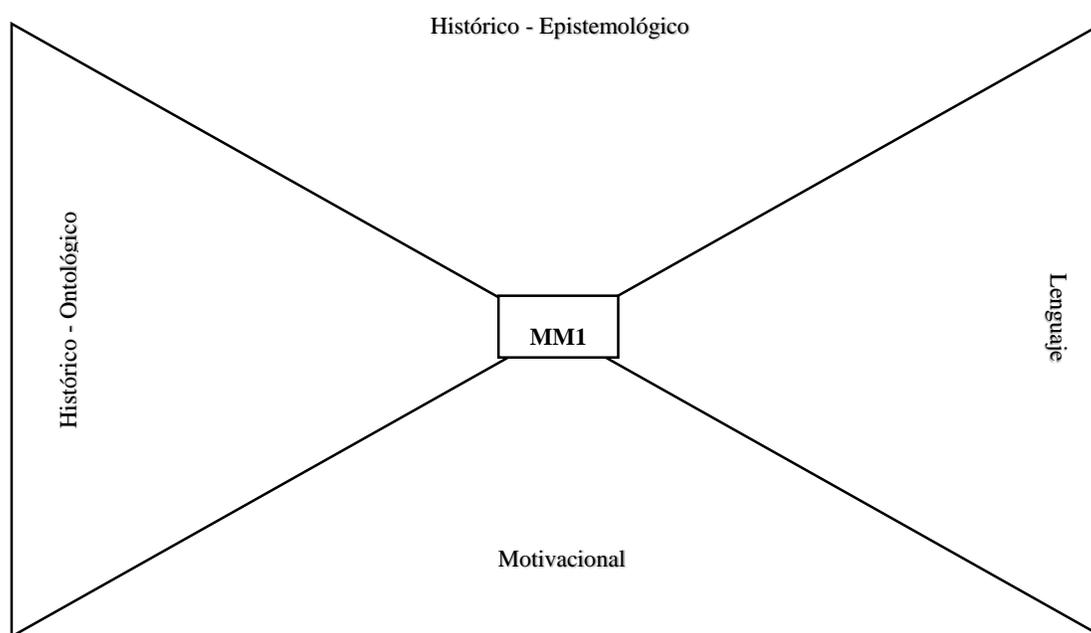


FIGURE 5 ETAPAS DEL PROCESO DE INTERVENCIÓN DIDÁCTICA

Para cada uno de los modelos se hace una caracterización de sus dimensiones (fig. 6) y una descripción de cuáles fueron las evidencias que indican cambio o permanencia de dichos elementos en los nuevos modelos hasta llegar a la modelo 4 llamado “cercano al estándar”

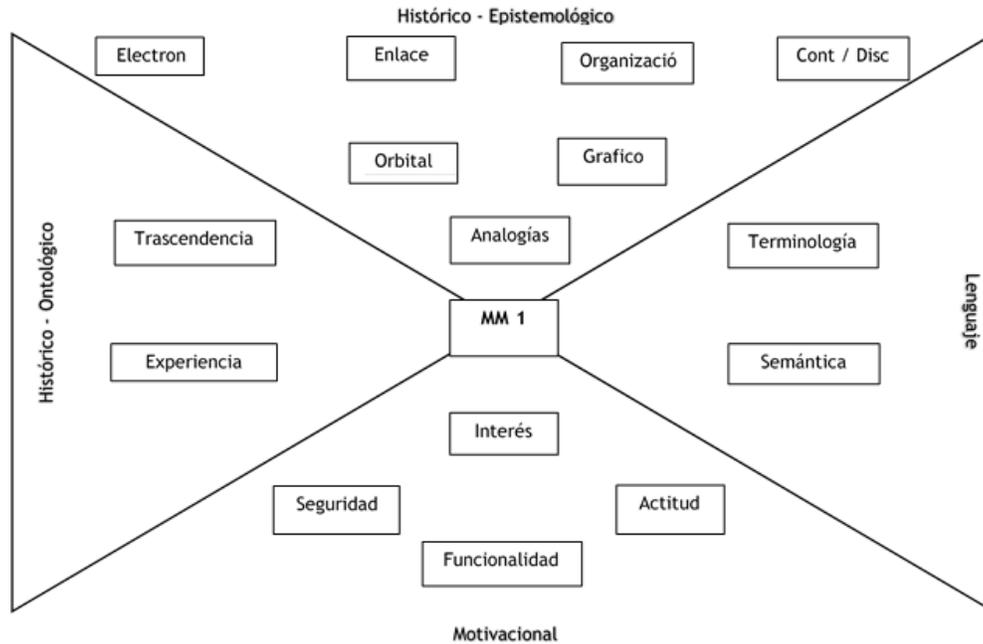


**FIGURE 6 DIMENSIONES Y COMPONENTES DEL MODELO MENTAL A ANALIZAR**

### 3 Capítulo 4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

#### 3.1 Los modelos mentales de Mariana

Posterior a la intervención realizada a través de la unidad didáctica se analizan cada uno de los elementos presentes en los modelos de acuerdo con las respuestas y propuestas de la estudiante, de esta manera se pretende determinar el grado de evolución en lo conceptual y gráfico y de sofisticación en el lenguaje utilizado, según el análisis del trabajo con Mariana se obtuvieron los siguientes resultados:



**FIGURE 7 ELEMENTOS DE LAS DIMENSIONES Y LOS COMPONENTES DEL MODELO MENTAL A ANALIZAR**

### 3.1.1 Descripción del modelo mental 1

Se hace una descripción de las dimensiones conceptual, motivacional, histórico-ontológica y comunicativa para hacer el análisis del modelo mental que posee Mariana en cuanto a la EIM, teniendo en cuenta que estas dimensiones son solo algunas de las que componen un modelo mental desde la perspectiva didáctica (Tamayo 2002) en la cual se construye este trabajo. Para ello se sistematiza la información recolectada a través de la UD del modelo expresado por Mariana.

### 3.1.1.1 Dimensión histórico-epistemológica



**FIGURE 8 ELEMENTOS HISTÓRICO - EPISTEMOLÓGICOS PRESENTES EN EL MODELO MENTAL 1**

Las actividades se planificaron teniendo en consideración los conocimientos previos con los que se esperaba que la alumna contara previo a esta actividad, referidos principalmente a los contenidos de la materia de química sobre el funcionamiento y las características y propiedades de la EIM,. A la estudiante se le plantean específicamente los elementos como se describen En la unidad didáctica y se encuentran resultados como se describe a continuación:

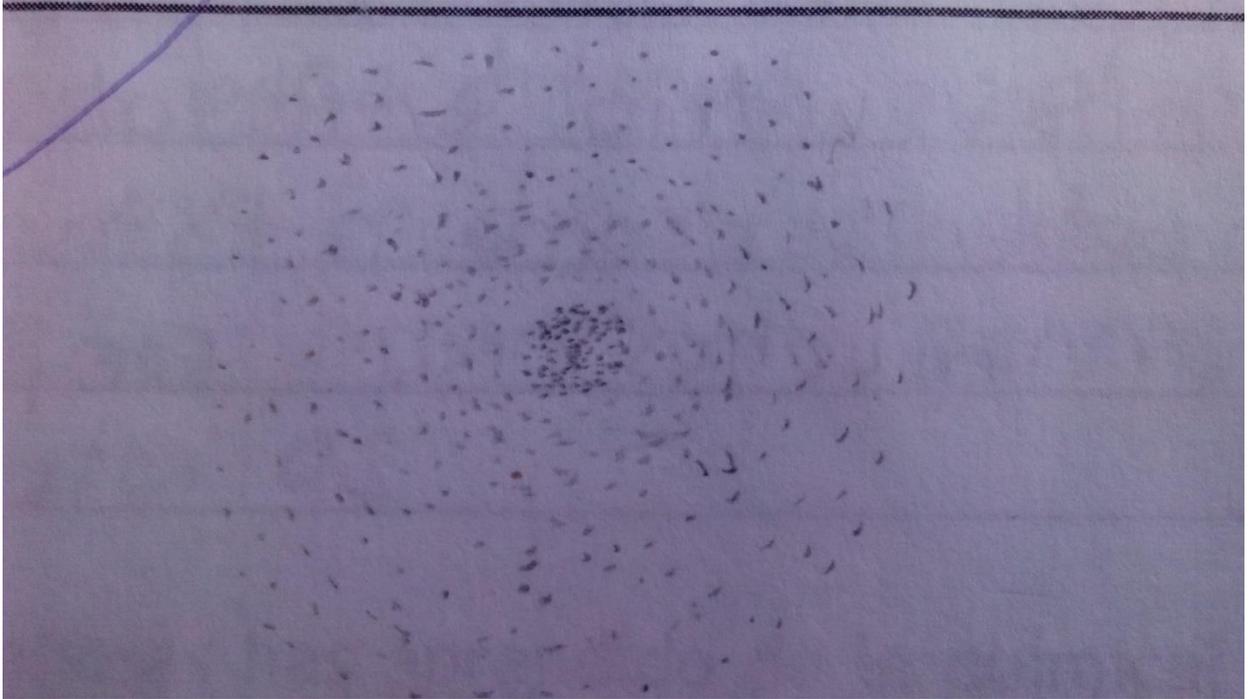
1. Electrones: Según la información recolectada a partir de las preguntas respondida por Mariana en la UD al indagar por la estructura del átomo es evidente que tiene nociones acerca de lo que es y cómo está compuesto, ya que se refiere a este como “la parte mas pequeña de la materia, que esta compuesta por núcleo, electrones y otras partículas” en el caso del electrón, su postura es básica con relación a la concepción estándar de electrón,

dado que afirma que “son partes del átomo que giran alrededor del núcleo” además que “sirve para cumplir la ley del octeto” en sus respuestas Mariana describe el electrón como una estructura corpuscular y la reduce a el cumplimiento de una ley que más que una definición demuestra el aprendizaje memorístico o simples nociones de lo que es en realidad esta estructura sub-atómica (Zully, 2009) lo descrito anteriormente se debe a “la concepción de materia que tradicionalmente se ha construido sobre el átomo, que está influenciada tanto por la escuela como por el medio en el cual el estudiante está inmerso. Es decir, constantemente los estudiantes están expuestos a múltiples interacciones con el medio en el que las representaciones graficas del átomo lo muestran como un “núcleo, orbitales y puntos girando alrededor de este, lo cual según (Zully 2009) fortalece la imagen mental y alimenta el concepto de electrón como un punto másico en el espacio.

2. Enlaces: La descripción que Mariana hace sobre los enlaces es incompleta, para ella los enlaces son el “*encuentro de electrones*” vistos estos como partículas que se unen. Al analizar esta respuesta se puede afirmar que la estudiante concibe el enlace como un mecanismo estático y con características materiales y no como el enlace químico que origina las sustancias perceptibles a través de los sentidos, en la respuesta no presenta elementos relacionados con cargas eléctricas, atracción o repulsión entre cargas. (García Franco, 2006) para la estudiante la imagen del átomo como el dibujo le permite ubicar las estructuras pero no dar cuenta del funcionamiento de las mismas ni tampoco de las propiedades que esta interacción electrónica puede darle al mundo super-atómico.
3. Orbitales: Los orbitales en las respuestas de Mariana son descritos como “líneas que trazan el camino del electrón” esto hace que en conjunto se crea que los niveles son entes que existen como tal, como si fueran autopistas por las cuales recorre el electrón, y cuya energía

*“es emanada por el núcleo”* No evidencia claridad en cuanto al funcionamiento de los orbitales ni la diferenciación entre los tipos y los niveles, tampoco proporcionan un modelo expresado que permita explicar el porqué de las reacciones químicas y mucho menos su relación con los fenómenos de la naturaleza y las características de la materia.

4. Jerarquización: Al indagar en la estudiantes sobre una concepción de átomo a un nivel de jerarquización superior, no hay una diferencia clara entre conceptos como átomo-elemento-molécula y materia, ella afirma que *“la sustancia más pequeña registrada es un átomo”* lo cual evidencia una concepción de organización conformacional de la materia en la que se mezclan los componentes y no se diferencian las estructuras, Pozo reporta que *“estos conceptos son comprendidos con una fuerte asociación entre sí por los estudiantes”* (por Muñiz R.S; 2009) lo cual también propicia dificultades para diferenciar el concepto y el porqué de dicha organización.
5. Continuidad/Discontinuidad: Se le pregunta a la estudiante *“¿Si pudieras tomar un trozo de hierro y pudieras dividirlo en partes, hasta qué punto crees que se podría dividir y como podrías saber que sigue siendo hierro?”* y es su respuesta se puede leer que conciben la materia como discontinua, pero esta discontinuidad es incompleta, pues no hay una concepción clara de átomo, ni de su estructura, puesto que reconoce las partículas subatómicas pero no puede diferenciar la sustancia del átomo aislado o de sus componentes.
6. Gráfico: Se le pide a la estudiante que dibuje un átomo o que trate de expresar la imagen que tiene en la mente de un átomo, ante esta parte de la actividad la estudiante lo expresa a través de la siguiente imagen:



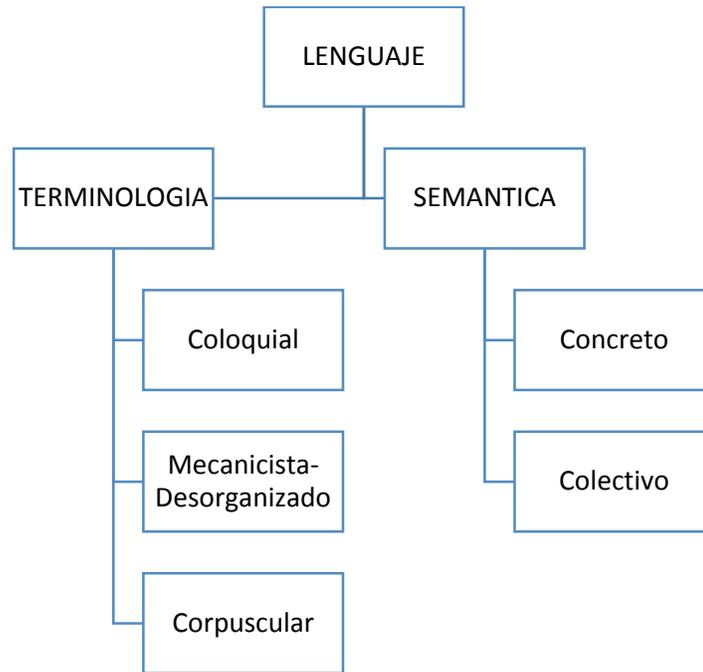
**FIGURE 9 REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL ÁTOMO EN EL MODELO 1**

La estudiante dibuja el átomo tipo “Sommerfeld” dado que es la representación clásica en los dibujos animados y en todas las series de TV, más no se entiende las implicaciones de pasar de un modelo a otro, ni que representa dicho modelo, no se sabe, por ejemplo, las implicaciones serias que tiene la representación de orbitas elípticas, es por esto que en la concepción de materia como discontinua, no se puede hablar o evidenciar una concepción completa. Lo cual corrobora las concepciones de electrón y átomo que manifestó previamente, en la imagen se puede observar que existe discontinuidad dado que representa los espacios interatómicos y los diferencia de lo que representa como núcleo (centro más denso de la imagen) y los electrones que los señala como los puntos a su alrededor, también muestra que la estudiante expresa los electrón con un comportamiento corpuscular, puesto que los dibuja como puntos y que la distribución espacial de estos no está organizada en niveles ni en orbitales. Desde la perspectiva del RBM la imagen mental es una forma de

construir modelos, pero a su vez es una forma de exteriorizarlos, a través de los dibujos se puede constatar cuales son las nociones que tienen los sujetos sobre la composición de los conceptos. Dichos dibujos no pueden ser juzgados como exteriorizaciones fieles de los modelos mentales, sino más bien como proyecciones bidimensionales de estos (Cordoba, 2009)

7. Analogías: Para Nersessian Tanto las imágenes mentales como las analogías son representaciones de carácter amodal ya que tienen la capacidad de mantener un carácter representacional semejante a las características de la fuente de información en las que se generó (Nersessian 2008) En este sentido se le pide a Mariana que Describa las similitudes entre átomos y otra cosa con la que se le ocurre compararlo a lo que responde: *“Los átomos pueden ser comparados con un edificio el cual sería un compuesto. El edificio está formado por diferentes elementos como cemento, ladrillos vidrios y acero entre otros, cada uno de los elementos pequeños puede verse como un átomo, es decir cada ladrillo, cada varilla o cada ventana y esto al juntarse forman los compuestos”* Según (Rea-Ramirez, 2008) esta es una analogía del tipo lejano, estructural las cuales las define como “comparaciones donde hay pocas semejanzas, pero estas son altamente significativas y que tienen semejanzas en las estructuras del análogo y el tópico” como en el caso de la analogía propuesta por Mariana, ya que describe los componentes del edificio y la forma como se organizan pero no da razón de las funciones de las estructuras atómicas ni de su ubicación espacial.

### 3.1.1.2 Uso del lenguaje



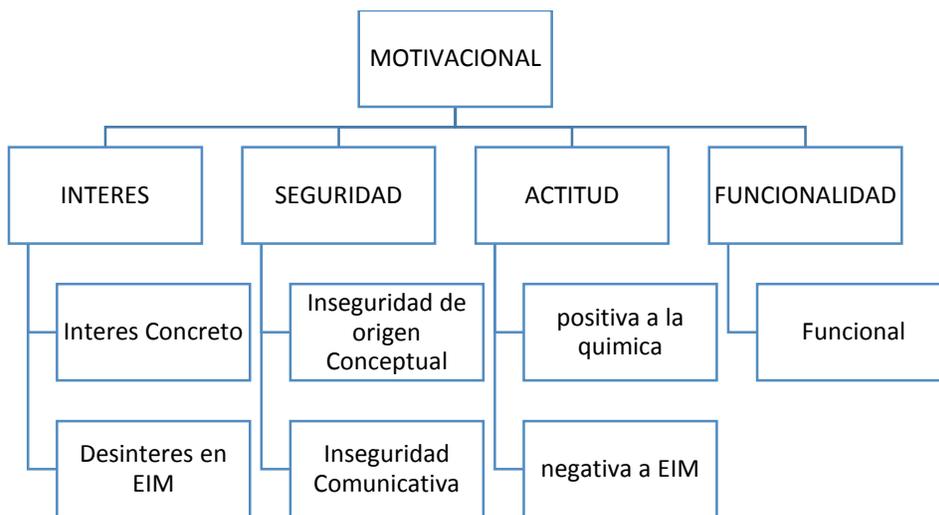
**FIGURE 10** ELEMENTOS DEL LENGUAJE PRESENTES EN EL MODELO 1

8. Terminología: Para describir fenómenos y estructuras referentes a la EIM la estudiante usa terminología cercana a su contexto para explicar los fenómenos, pero cuando se refiere a la estructura usa términos científicos de forma casi aleatorios por ejemplo “*es compartiendo electrones para que este cumpla la ley del octeto*” es la expresión que usa para describir el enlace, no se refiere a él como “interacción electrónica” ni “solapamiento de orbitales” para describir el electrón usa términos que evidencian su concepción corpuscular y mecánica como “punto” y “bolita” en cuanto a la jerarquización no se refiere a la materia organizada sino que usa indiscriminadamente los términos “*elemento, átomo y molécula*” De acuerdo con Pozo 2008 la estudiante se basa en sus concepciones particulares para dar una definición a los conceptos (Driver, 1988, Citada por Pozo et al.

1991). Y para Johnson-Laird la representación lingüística inicial de un discurso captura el significado de ese discurso, o sea, el conjunto total de situaciones que puede describir. De esta manera se puede afirmar que el acumulado terminológico a través del cual la estudiante expresa los fenómenos y estructuras referentes a la EIM no son suficientes para dar razón de los fenómenos perceptibles desde los fenómenos subatómicos.

9. Semántica: Algunas palabras pueden clasificarse por su significado, es decir, según su semántica. Según el aspecto semántico, los sustantivos pueden ser: abstractos (paz, alegría, miedo) o concretos (perfume, chicos, montaña) individuales o colectivos propios o comunes.

### 3.1.1.3 Dimensión motivacional



**FIGURE 11** ELEMENTOS MOTIVACIONALES PRESENTES EN EL MODELO 1

10. Interés: cuando se le pide a la estudiante que indique en una barra entre 1 y 100 cuanto le gusta la clase de química se ubica un poco más debajo de la mitad y firma que de la clase de química *“Esperaba una clase muy difícil pero en la que pudiera aprender como la*

*química afecta nuestras vidas en el día a día.*” Esto indica que el aprendizaje de la química es estrictamente funcional para ella, dado que su único interés es “saber cómo nos afecta la química en el día a día” y demuestra poco interés en el aprendizaje de los contenidos teóricos y esto se puede originar en el manejo de los conceptos y la apropiación de los mismos ya que como lo afirma (Pintrich citado por Schunk, 2005) el interés personal en una tarea está directamente relacionado con el contenido de la tarea, el dominio o área de contenido.

11. Seguridad: Ante la pregunta ¿Qué cosas serías capaz de explicar a algunos tus compañeros sobre el átomo y la materia? La estudiante responde de forma negativa y aduce que no tiene la suficiente información para poderse la transmitir a sus compañeros, esto es un comportamiento normal para Mariana ya que en entrevista también afirma ser muy tímida. Los estudios evidencian, insistentemente, las diferencias que existen entre los estudiantes en cuanto a su manera de pensar y procesar los contenidos a ser aprendidos además de los niveles de apropiación de los contenidos también tiene incidencia en la capacidad que tengan los estudiantes para expresarlos (Pintrich, 1988). La respuesta denota inseguridad.
12. Actitud: Mariana tiene una actitud positiva en general hacia el colegio y en especial hacia la química, dada su curiosidades, ella cree que la química puede ayudarle a *“Como cada elemento tiene una reacción distinta en nuestro cuerpo y como hemos usado esto como beneficio.”* También afirma que la química puede ser útil en su vida dado que quiere estudiar medicina, este es un elemento que proporciona muchas ventajas para el desarrollo de la UD porque tal como lo afirma Pintrich, si la persona se siente capaz tomará, una actitud activa, mientras que si no es así, esa falta de motivación le conducirá a adoptar una

actitud pasiva, la actitud activa propicia espacios de auto-regulación y facilita la asimilación en profundidad de los conocimientos (Printich 2006)

#### 3.1.1.4 Dimensión histórico-ontológica



**FIGURE 12 ELEMENTOS HISTÓRICO - ONTOLÓGICOS PRESENTES EN EL MODELO 1**

13. Funcionalidad: La estudiante se refiere a la funcionalidad de la química en términos de cómo interviene en los procesos biológicos, pero se separa de las posturas que afirman que la química puede ayudar a interpretar y modificar estos fenómenos y que incide en campos más allá de la biología, como la robótica, la química industrial y hasta la astronáutica, en este sentido se puede afirmar que Mariana encuentra importante la química en cuanto a los procesos en los que interviene, pero no encuentra sentido en las operaciones o procesos teóricos que de ella se desprenden y que debe modelar en el aula de clase, existe aquí una oportunidad de intervenir didácticamente tratando de establecer la relación entre una

ciencia particular, el mundo de las demás ciencias y el mundo de la vida (Zambrano, 2004; Perales, 2000).

14. Trascendencia: La importancia de que en el diseño de unidades didácticas que incorporen los aspectos involucrados en la génesis y evolución de los conceptos científicos, permitirá dimensionar el carácter problematizador de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en busca del cambio en la imagen de ciencia que generalmente se socializa en el aula y no contempla el propio proceso histórico del sujeto que aprende ciencias Esta es la razón por la cual en la UD se incluye este aspecto a través de preguntas como: ¿Cómo cree que se descubrió la existencia de los átomos? Y ¿Para qué le ha servido a la humanidad el haber descubierto los átomos? Se pretende identificar cual es la importancia que la estudiante le da a los hechos históricos relacionados con la EIM. En sus respuestas Mariana demuestra conocimiento de ciertos postulados y teorías aunque demuestra imprecisiones en los personajes y el tiempo, lo importante de esta dimensión histórica en el análisis de los modelos mentales es que para Mariana estos sucesos aunque no sabe con precisión cuándo ni cómo ocurrieron.
15. Experiencia: Desde el punto de vista de la estudiante su experiencia en el estudio de la química es positivo, la relaciona con el estudio de la biología o de la clase de ciencias en años anteriores, afirma tener cercanía con los conceptos y no tener recuerdos malos que puedan perjudicar la profundización en temas propios del grado decimo, es otro de los resultados favorables que pueden permitir una evolución en los modelos mentales de la estudiantes, dado que la experiencia es un refuerzo positivo cuyo objetivo es el mantenimiento de los esfuerzos personales dedicados a la tarea frente a las distintas fuentes de distracción o al abandono, o a experiencias adversas o dificultades (Solves, 1996)

### 3.1.2 Descripción del modelo mental 2

Se hace una descripción de las dimensiones conceptual, motivacional, histórico-ontológica y comunicativa para hacer el análisis del modelo mental que posee Mariana en cuanto a la EIM, teniendo en cuenta que estas dimensiones son solo algunas de las que componen un modelo mental desde la perspectiva didáctica (Tamayo 2002) en la cual se construye este trabajo. Para ello se sistematiza la información recolectada a través de la UD del modelo expresado por Mariana.

#### 3.1.2.1 Dimensión histórico-epistemológica



**FIGURE 13** ELEMENTOS HISTÓRICO - EPISTEMOLÓGICOS PRESENTES EN EL MODELO MENTAL 2

1. Electrones: Después de la simulación de las cargas eléctricas y del experimento mental, Marina empieza a describir los electrones como un “*una minipartícula que gira alrededor del núcleo*” aunque sigue describiendo al electrón como una partícula, es decir mantiene desde el modelo uno una concepción corpuscular, ahora describe al electrón con un movimiento circular u oval alrededor del núcleo, lo cual evidencia que el estadio inicial del

modelo uno en el que describía el electrón como un mecanismo estático ya fue superado, lo cual la acerca más al modelo estándar que describe según el diccionario de química de la Universidad de Oxford “Es una estructura subatómica que exhibe un comportamiento ondulatorio, como en la interferencia. Bajo otras condiciones, las mismas especies de objetos exhiben un comportamiento corpuscular, de partícula, («partícula» quiere decir un objeto que puede ser localizado en una región concreta del espacio), como en la dispersión de partículas.” además ahora en sus respuestas se nota que los electrones para la estudiante ya no son estructuras únicamente mecánicas, sino que ya adquieren un carácter electrónico “...*Otra cosa es que existen otras fuerzas de repulsión entre ellos*” lo cual indica que empieza a aparecer en el modelo mental de Mariana la interacción electrónica y las fuerzas que interactúan entre sí para dar las características a la materia.

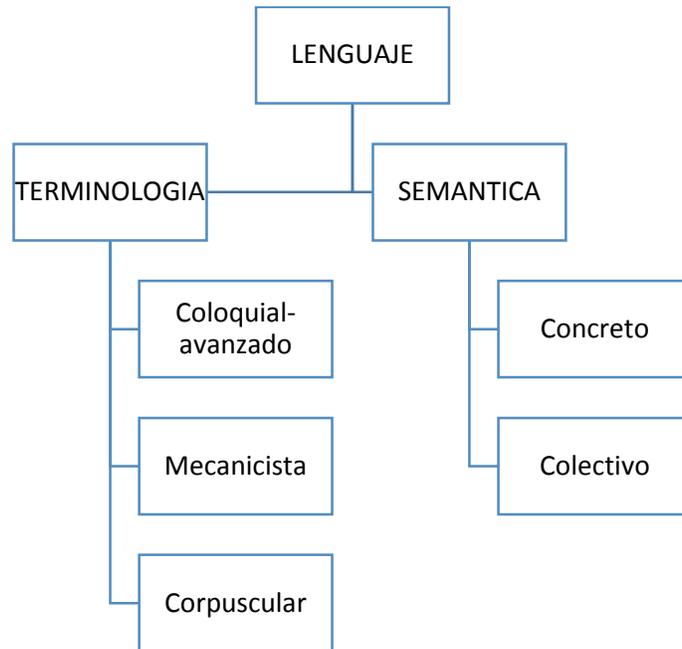
2. Enlace: Para Mariana como lo demuestran sus respuestas, los enlaces ya no son simples “*interacciones entre los átomos para cumplir la ley del octeto*” después de la intervención didáctica, ella considera que los enlaces son “*Los átomos se unen compartiendo electrones de su último nivel o de la capa más externa de electrones, pero puede tener más de un electrón para compartir*”. En cuanto al orbital la estudiante evidencia una necesidad de adquirir elementos de un nuevo modelo para poder dar explicación al mecanismo de orbital y enlace ya que cuando se pregunta acerca de la posición de los electrones en el espacio y su papel en el enlace ella responde que “*No sé, no se me ocurre, tal vez haya una fuerza que contrarreste la atracción eléctrica entre las partículas o algo que impida que los electrones se muevan de sus lugares*” Aunque su concepto de enlace y orbital aparece en este modelo mental un poco más sofisticado en sus respuestas también se evidencia la

concepción del nivel como ente real, lo que está muy de acuerdo a lo hallado por Pozo (2001)

3. Jerarquización: Mariana reconoce las formas de organización desde la partícula subatómica hasta la materia que podemos percibir con los sentidos, sin embargo en este segundo modelo mental, no existe una jerarquización organizada, dado que reconoce las estructuras pero en sus respuestas salta desde átomo a sustancia sin tener en cuenta los niveles de organización intermedios de la EIM “*se enlazan una gran cantidad de átomos y forman las sustancias homogéneas, cuando se unen átomos de distinta naturaleza se crean sustancias heterogéneas*” Ante esta respuesta que evidencia un modelo incompleto y desde la perspectiva del RBM se hace necesario que la intervención didáctica se encamine hacia la modificación de esta noción y de esa manera a partir del modelo identificado como inicial, las modificaciones (modelización) llevan al estudiante al siguiente modelo y luego al siguiente, hasta llegar al (Target) que es el que esté en interacción con el modelo escolar o con el aceptado por la comunidad científica, este proceso se acerca a la propuesta Vigodskiana Como aparece en (Clement 2009)
4. Continuidad/Discontinuidad: Igual que en el modelo anterior la estudiante concibe la materia como discontinua pero prevalece la concepción de discontinuidad incompleta, esta afirmación se evidencia más adelante cuando se analice la analogía a través del cual la estudiante representa el átomo.
5. Gráfico: Al pedirle a la estudiante que represente el átomo a través de un dibujo, lo representa igual que la vez anterior pero esta vez usa más componentes del modelo de Rutherford ya que en ella expresa el átomo con más partículas, además incluye las orbitas y señala las partículas del núcleo, en la que la masa del átomo esta concentraba y que

contiene de cargas positiva. Mariana sugirió un nuevo modelo en el cual el átomo poseía un núcleo o centro en el cual se concentra la masa y la carga positiva, y que en la zona extra nuclear se encuentran los electrones de carga negativa. Después de la intervención didáctica en la cual también se habló del modelo de Thomson, para desestabilizar la idea de continuidad se le pide a la estudiante lo siguiente: Imagina el modelo atómico del “pudding de chocolate” y ahora piensa en esto ¿Qué pasaría si le quitamos toda la masa al pudding y dejamos solamente el centro de chocolate y las nueces que representan los electrones? A lo que la estudiante responde que *“todo colapsaría si no existieran las fuerzas de atracción y repulsión de las partículas para mantener el átomo armado”* esta actividad propuesta por el RBM se hizo dado que a través de la simulación mental o la recreación de situaciones mentales, podemos acudir a imágenes con movimiento e incluso acudir al pensamiento simulativo para imitar la realidad, un aporte a la argumentación de la importancia de las simulaciones mentales desde la psicología lo hace (Bandura, 1977)

### 3.1.2.2 Uso del lenguaje

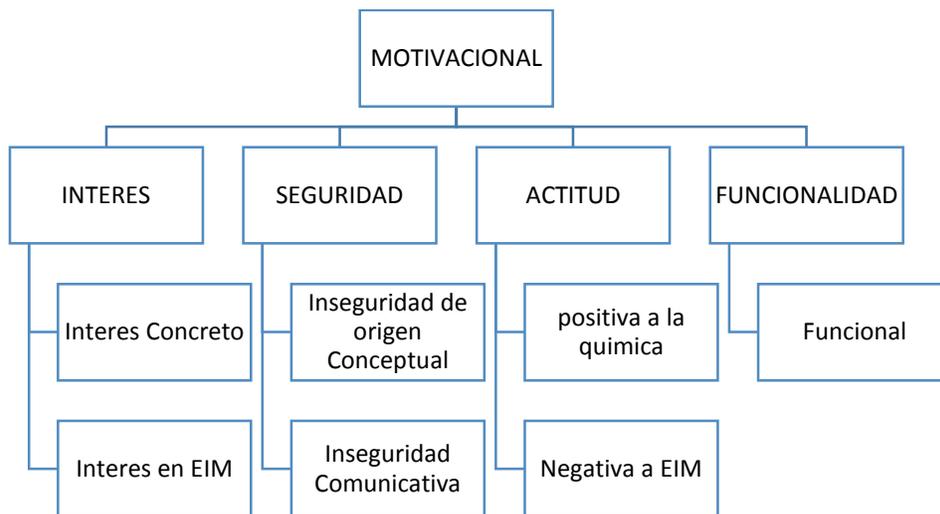


**FIGURE 14 ELEMENTOS DEL LENGUAJE PRESENTES EN EL MODELO 2**

6. Terminología: Aunque la estudiante aun usa un lenguaje cotidiano para dar explicación a los fenómenos, es normal dado que las explicaciones dadas por los estudiantes se caracterizan por emplear un lenguaje más cercano a su cotidianidad, es un lenguaje en el que no se encuentra mucha similitud con el discurso característico del texto escolar o del profesor (Pozo 1998) aunque en el ejercicio empiezan a aparecer términos mas sofisticados, que denotan evolución en el modelo expresado como “interacción” al hablar de enlace “fuerzas de repulsión” para hablar de la estructura del átomo “sustancia” para referirse a la materia y “cargas”.
7. Semántico: la adquisición de un lenguaje nuevo -en este caso el lenguaje científico por parte del alumno implica la adquisición no sólo de un nuevo sistema semántico, sino de un

nuevo modo de pensar y de ver la realidad, en nuestro caso un modo de interpretar la EIM, los cambios en el significado de las expresiones se analiza durante el desarrollo de la UD.

### 3.1.2.3 Dimensión motivacional



**FIGURE 15 ELEMENTOS MOTIVACIONALES PRESENTES EN EL MODELO 2**

8. Interés: La estudiante continua mostrando un interés específico en el aprendizaje de la química dada la intención de estudiar medicina en el futuro, pero en esta tapa afirma que del aprendizaje del átomo se pueden conocer “*los elementos que componen el mundo*” y “que falta mucho por investigar” a través de las diversas actividades se pretende fomentar lo que Pintrich llama Activación del interés y evitar que cuando los estudiantes no muestran este interés o no están especialmente motivados por aprender pueden optar, en contextos y situaciones alternativas que los alejen de los objetivos de enseñanza.
9. Seguridad: Mariana dice sentirse mucho más segura para responder preguntas sobre el átomo pero aun afirma que sus conocimientos en química no son muy avanzados y que esto podría impedir hablar con la gente a cerca de esto o hacer una exposición de un tema muy avanzado. Las diferencias significativas con relación al modelo anterior radican en la

capacidad de la estudiante para expresar con mayor seguridad lo que sabe, se le nota mucho más confiada al momento de responder.

10. Actitud: Después de “despejar muchas dudas” durante el desarrollo de la Unidad Didáctica, Mariana hace una afirmación y es “*que rico poder saber más de eso*” dentro de las conclusiones que hace a título personal sobre las actividades, esto denota que su actitud hacia el aprendizaje de la EIM ha cambiado dado que su respuesta inicial fue “es un tema muy difícil”. Desde el componente motivacional del modelo mental en la UD propuesto, esta respuesta abre una puerta hacia la consolidación de un nuevo modelo que contará ventaja en el campo motivacional.

#### 3.1.2.4 Dimensión histórico-ontológica



**FIGURE 16 ELEMENTOS HISTÓRICO - ONTOLÓGICOS PRESENTES EN EL MODELO 2**

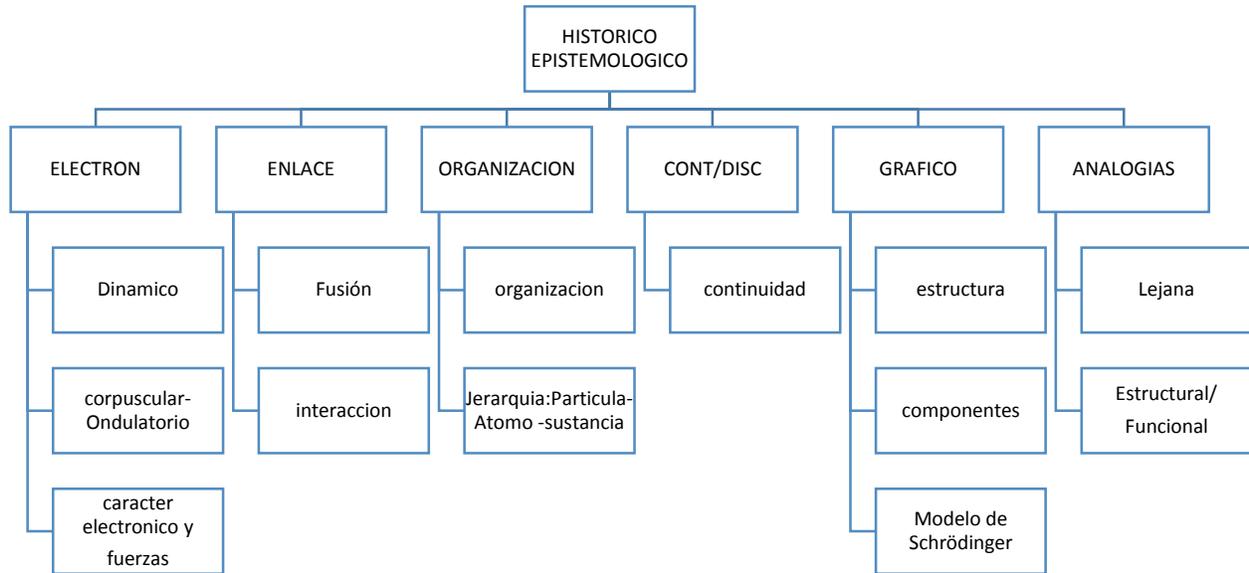
11. Trascendencia: La estudiante conoce las estructuras sub-atómicas, las teorías sobre la EIM y la historia de cómo se descubrieron o propusieron, encuentra valiosos los descubrimientos y las teorías propuestas por los científicos, afirma que los descubrimientos

le sirvieron a los científicos y no al mundo o a la humanidad, además no expresa esta trascendencia con relación al presente, se refiere a los adelantos como funcionales en el sentido de entender que “*en el interior del átomo las partículas estaban separadas entre sí y que entre ellas hay es vacío*” y no lo relaciona con los adelantos tecnológicos o con el estilo de vida actual. El objetivo de incorporar la trascendencia histórica en la UD busca una mejor comprensión de la realidad presente, que no se debe limitar sólo a una nueva estructuración de relatos, y si emplear una reflexión más profunda a respeto de la historia.

### 3.1.3 Descripción del modelo mental 3

Se hace una descripción de las dimensiones conceptual, motivacional, histórico-ontológica y comunicativa para hacer el análisis del modelo mental que posee Mariana en cuanto a la EIM, teniendo en cuenta que estas dimensiones son solo algunas de las que componen un modelo mental desde la perspectiva didáctica (Tamayo 2002) en la cual se construye este trabajo. Para ello se sistematiza la información recolectada a través de la UD del modelo expresado por Mariana.

### 3.1.3.1 Dimensión histórico-epistemológica



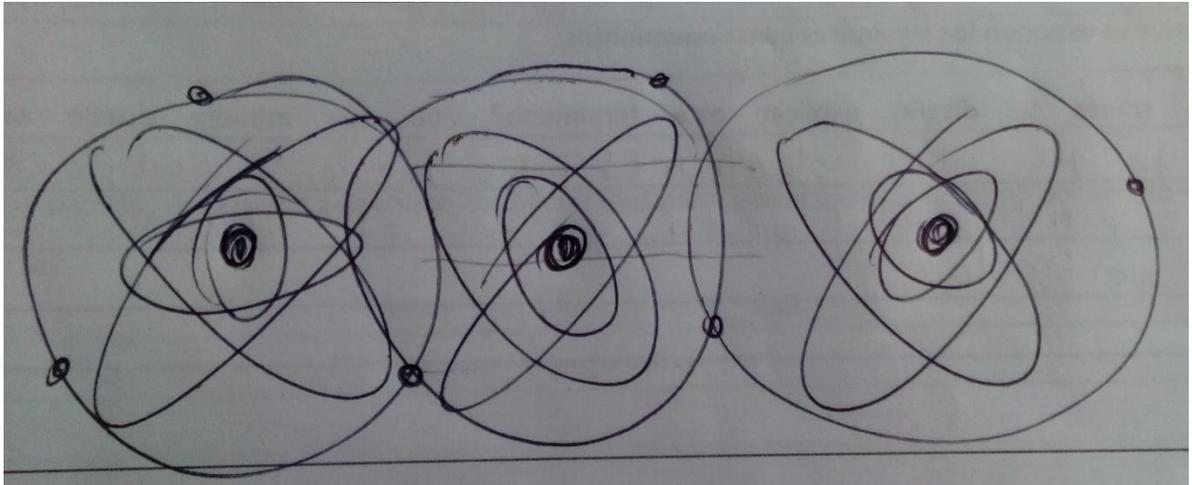
**FIGURE 17 ELEMENTOS HISTÓRICO - EPISTEMOLÓGICOS PRESENTES EN EL MODELO MENTAL 3**

1. Electrones: Posterior a la intervención didáctica en la cual se expone el experimento de la doble rejilla y un experimento mental que se refiere a la tele-transportación la estudiante considera que el electrón no es una estructura corpúscular, evidenciando que ha trascendido el modelo expresado anterior lo define en las siguientes palabras: *“los electrones se comportan como partícula y como onda y en el diseño que propuse los electrones se comportan solo como partículas o bueno mi diseño puede explicar cuando el electrón se comporta como partícula pero no cuando se esté comportando como una onda.”* El aprendizaje desde la perspectiva del RBM consiste en la interacción entre conocimientos previos y los razonamientos a partir de las observaciones y el análisis de nuevas ideas (Clement & Steiberg 2009 p112) Según Clement, la estudiante reunió los elementos necesarios abandonar el modelo anterior.

2. Enlace: A diferencia de la posición de Mariana en los modelos 1 y dos, ahora describe el orbita como una estructura importante que junto con el electrón hacen parte importante del enlace, otro elemento que indica evolución en el modelo es que electrón deja de ser una interacción de intercambio de electrones y ahora lo describe como una fusión, noción que está más cercana al concepto de superposición aceptado actualmente por las comunidades científicas. *“si un átomo tiene muchos electrones y mucho espacio en su último nivel de energía puede enlazarse con más átomos fusionando estos orbitales y dejando que los electrones se muevan entre átomo y átomo.”*
3. Jerarquización: Mariana reconoce las formas de organización desde la partícula subatómica hasta la materia que podemos percibir con los sentidos, sin embargo en este segundo modelo mental, no existe una jerarquización organizada, dado que reconoce las estructuras pero en sus respuestas salta desde átomo a sustancia sin tener en cuenta los niveles de organización intermedios de la EIM, en cuanto a los niveles de jerarquización superior no presenta cambios con relación al modelo anterior dado que elemento y molécula escasamente aparecen en sus respuestas, pero por otra parte ya identifica los niveles, partícula y después átomo.
4. Continuidad/Discontinuidad: La noción de discontinuidad contiene más elementos en esta etapa del proceso, dado que ahora puede concebir lo electrones no solo como partículas ahora también puede dar explicación a fenómenos de fusión y fisión a partir de la idea de discontinuidad de la materia, cuando se pregunta sobre los sucesos de Chernovill en 1986 y después de ver una animación de cómo ocurrieron ELLA RESPONDE CON CLARIDAD que fue producto de la *“...división del núcleo atómico, por medio de*

*bombardeo con partículas más pequeñas que el átomo liberando en el proceso una cantidad de energía, La desintegración del uranio”*

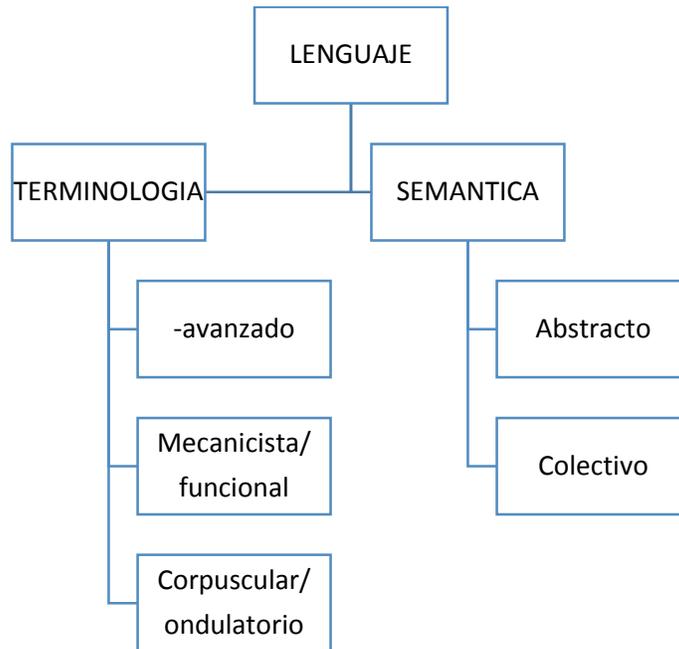
5. Gráfico: Según la explicación que Mariana “*este es un grupo de átomos en el que trato de representar algunos electrones comportándose como materia y otros como onda, ya que no encontré una forma de representar la dualidad*”



**FIGURE 18 REPRESENTACIÓN GRAFICA DE UN GRUPO DE ÁTOMOS EN EL MODELO 3**

Aunque la estudiante no dibuja expresamente el modelo de Schrödinger la base fundamental de la teoría moderna son los campos probabilísticos en los que se encuentra el electrón, dada la poca información que se ha dado a cerca de los nuevos fenómenos subatómicos, la estudiante presenta una combinación entre el modelo de Rutherford y el de Schrodinger que de una forma muy creativa logra solucionar. La imagen mental es una forma de construir modelos, pero a su vez es una forma de exteriorizarlos, a través de los dibujos se puede constatar cuales son las nociones que tienen los sujetos sobre la composición de los conceptos. Dichos dibujos no pueden ser juzgados como exteriorizaciones fieles de los modelos mentales, sino más bien como proyecciones bidimensionales de estos (Cordoba, 2009).

### 3.1.3.2 Uso del lenguaje



**FIGURE 19 ELEMENTOS DEL LENGUAJE PRESENTES EN EL MODELO 3**

6. Terminología: En el repertorio para explicar los modelos (modelo explicado) de la estudiante, a diferencia de los modelos anteriores, ahora aparecen términos del campo cuántico tales como “fotón” “excitación” y “salto cuántico” para dar razón de las características electrónicas, además utiliza términos más sofisticados de EIM aun relacionados con términos cotidianos, pero ya no acude totalmente a estos para expresar el modelo. Este es un indicador de aprendizaje o más aun de evolución del modelo mental, dado que el uso de la terminología científica se caracteriza por explicaciones de alta precisión. Herron (1979) y durante la intervención con la UD Mariana resalta la necesidad de evitar el uso incorrecto o descuidado de la terminología.
7. Semántico: Las frases usadas por la estudiante ahora reflejan un manejo más abstracto y simbólico para dar razón de los modelos, en contraste con el significado de sus expresiones

usaba durante el modelo mental 1 la frase “repulsión eléctrica” para las cargas de las estructuras sub-atómicas, ahora en sus explicaciones usa “atracción o repulsión electrónica”. Mariana ahora puede dar explicación a los fenómenos sub-atómicos a través de la interpretación de los modelos abstractos y no usando ejemplos ni analogías del mundo perceptible, es decir, el sistema semántico utilizado determina la un acercamiento a los datos de la realidad (Whorf 1941).

### 3.1.3.3 Dimensión motivacional



FIGURE 20 ELEMENTOS MOTIVACIONALES PRESENTES EN EL MODELO 3

8. Interés: En palabras de la estudiante su interés hacia la mecánica cuántica ha aumentado, afirma que “*no nos damos cuenta pero todo es cuántico, si todo está hecho de átomos*” Ahora Mariana no muestra desinterés hacia la ciencia o hacia el aprendizaje de la EIM y dice que la razón es porque, “*lo que estamos haciendo es algo que tiene aplicación en la sociedad*”, Esta contextualización la describen Furio y Vilches junto a otros factores como: los métodos de enseñanza de los profesores y las rutinas, afirman que la descontextualización los alumnos la califican como aburrida y poco participativa; la

escasez de prácticas y, especialmente, a la falta de confianza son objeto de estudio en diversas investigaciones (A. Vilches, 1997) y precisamente esto es lo que se pretende evitar en la UD presentada en este trabajo.

9. Seguridad: Mariana continua presentando problemas para expresar de forma oral frente a sus compañeros sus ideas y resultados sin embargo afirma tener mayor seguridad en los conceptos que maneja, aunque en numerosos estudio, se ha obtenido correlación entre la timidez, el grado de motivación y el rendimiento académico (Madrid, D., Gallego, J. A., Rodríguez, J., Urbano, B., Fernández, J., Manrique, I., Hidalgo, E. y Leyva, 1993), no es nuestro caso, la timidez expresada por la estudiante para comunicar sus ideas en frente de los demás no se presenta al momento de comunicarlas con el maestro ni con un grupo pequeño de estudiantes.
10. Actitud: Mariana continua presentando una buena actitud hacia el aprendizaje de la química y hacia el estudio de la EIM, ahora ante el caso de Chernóbil, presenta además, una actitud crítica hacia el uso o explotación indiscriminada de los elementos radioactivos, propone que es necesario *“Moderar el uso de Uranio y no utilizando la energía nuclear hasta que se sepa mas del tema, es decir hacer mas experimentos y apenas se sepa mas sobre esto aplicarlo a escala global.”* Invita a profundizar en los estudios de la EIM y se incluye dentro de esa necesidad de ampliar los conocimientos sobre del atomo y la materia.

### 3.1.3.4 Dimensión histórico-ontológica



**FIGURE 21 ELEMENTOS HISTÓRICO - ONTOLÓGICOS PRESENTES EN EL MODELO 3**

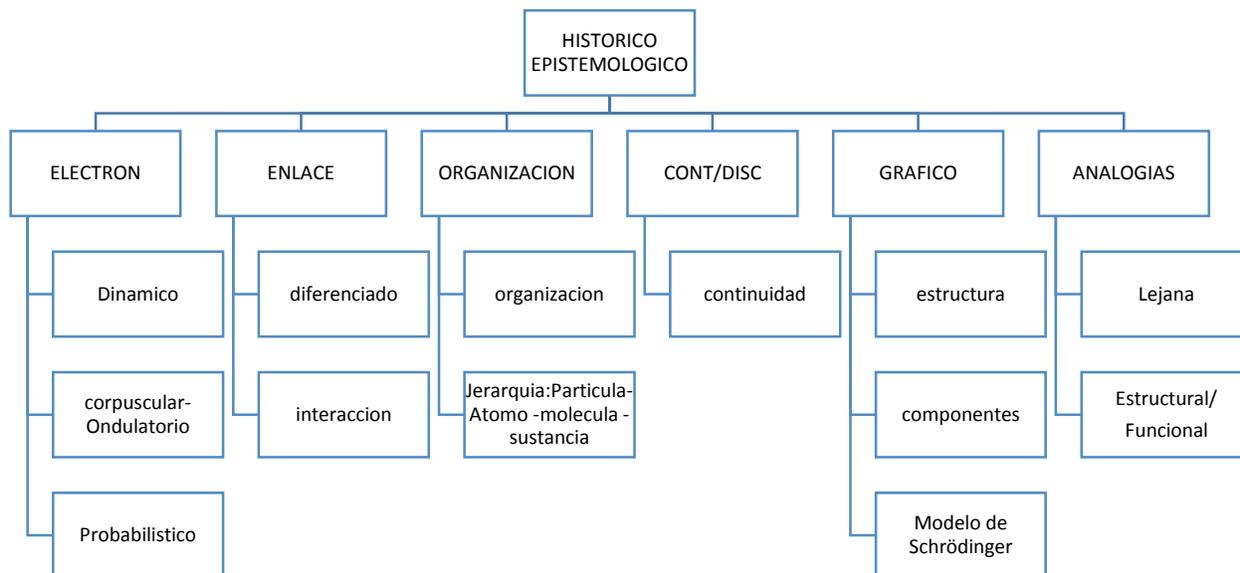
11. Trascendencia: Los datos históricos presentados en la unidad didáctica tiene como objetivo dar una base cronológica sobre cómo se fueron dando los descubrimientos y sobre todo el proceso que tuvieron que atravesar los implicados para producir dichos adelantos, Mariana ha estudiado parte de la historia de la química hasta el siglo XX y a diferencia del modelo anterior y más aun del inicial, ahora encuentra relaciones entre las propuestas de la antigüedad y la vida cotidiana, *“si hoy en día podemos manipular el átomo y producir energía a partir de los elementos radioactivos es gracias a ellos”* Es sumamente importante que los productos históricos sean tenidos en cuenta en la enseñanza de las ciencias (Quintanilla C. L., 2010)
12. Experiencia: La experiencia de Mariana ha sido positiva en sus palabras ¿Cómo te has sentido durante la realización de esta actividad de aprendizaje? *“Muy bien, he aprendido*

*mucho y le he quitado pereza a la química.* Lo cual indica que se está cumpliendo el objetivo, enseñar a partir del RBM desde una perspectiva que incluye la motivación y las experiencias de los estudiantes en la programación de las actividades

### 3.1.4 Descripción del modelo mental 4

Se hace una descripción de las dimensiones conceptual, motivacional, histórico-ontológica y comunicativa para hacer el análisis del modelo mental que posee Mariana en cuanto a la EIM, teniendo en cuenta que estas dimensiones son solo algunas de las que componen un modelo mental desde la perspectiva didáctica (Tamayo 2002) en la cual se construye este trabajo. Para ello se sistematiza la información recolectada a través de la UD del modelo expresado por Mariana.

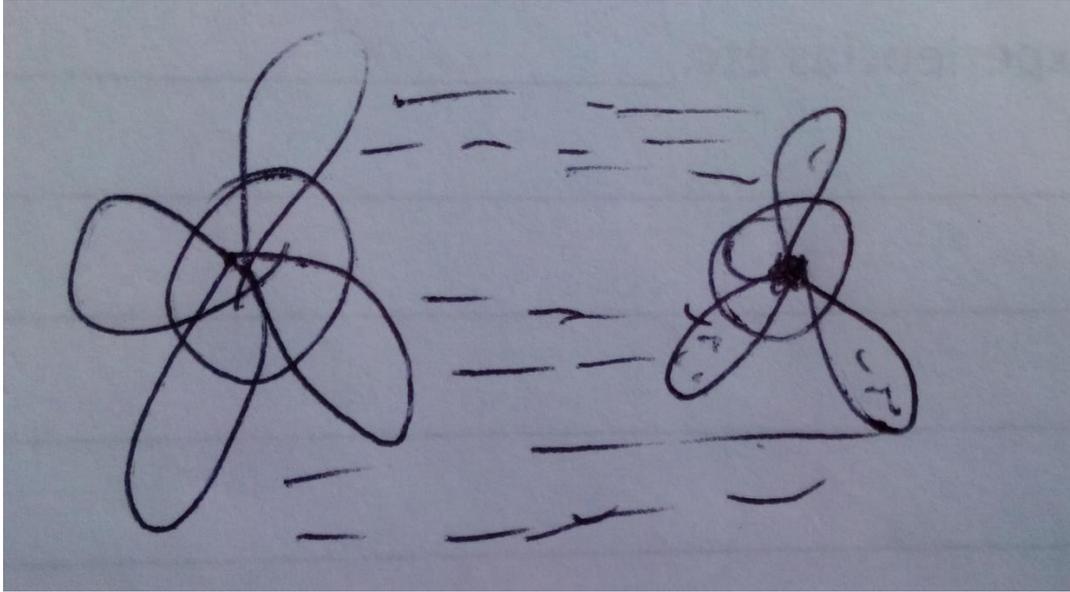
#### 3.1.4.1 Dimensión histórico-epistemológica



**FIGURE 22 ELEMENTOS HISTORICO-EPISTEMOLOGICOS PRESENTES EN EL MODELO MENTAL 4**

1. Electrones: Los electrones ahora para Mariana son estructuras duales, más probabilísticas que reales a los ojos humanos, responsables de la interacción del átomo con otros, reconoce el principio de incertidumbre y el de exclusión, además puede caracterizar un electrón a partir de sus 4 números cuánticos, ya no se refiere a ellos como “la partícula” lo que indica una evolución en el concepto y por la evidencia recolectada en la UD y una superación de este componente conceptual del modelo expresado con relación a los estadios anteriores de este mismo concepto
2. Enlaces: Mariana explica que los enlaces son “*superposición de orbitales*” y reconoce que los responsables de los enlaces son los electrones, también reconoce los tipos de enlaces (enlace iónico - enlace covalente - unión metálica) y sabe cuál es el papel tanto del orbital como del enlace en cada uno de ellos, el enlace para ella ya no es el “encuentro de electrones” y los orbitales ya no son entes reales que sirven como caminos del electrón, lo cual se acerca mucho al modelo estándar aceptado por la comunidad científica para estos tres fenómenos: Electrón, enlace y orbital.
3. Jerarquización: Mariana reconoce los niveles de organización y jerarquización de la materia, comienza a describir los fenómenos desde los niveles subatómicos, atómicos, moleculares y sustanciales, sin embargo el nivel elemento como representación promedio de los isotopos de una átomo específico, no aparecen en todo el modelo, esto indica una concepción cercana de organización conformacional, pero incompleta dada la ausencia de este elemento, esto pudo darse por dos razones: desde el RBM al ser un concepto tan abstracto no contiene el sustrato de los símbolos modales necesarios para su interpretación, lo que conlleva que la representación tenga el carácter de amodal y que el constructo elaborado no pueda dar razón del estado (Johnson-Laird, 1983). En este caso del elemento.

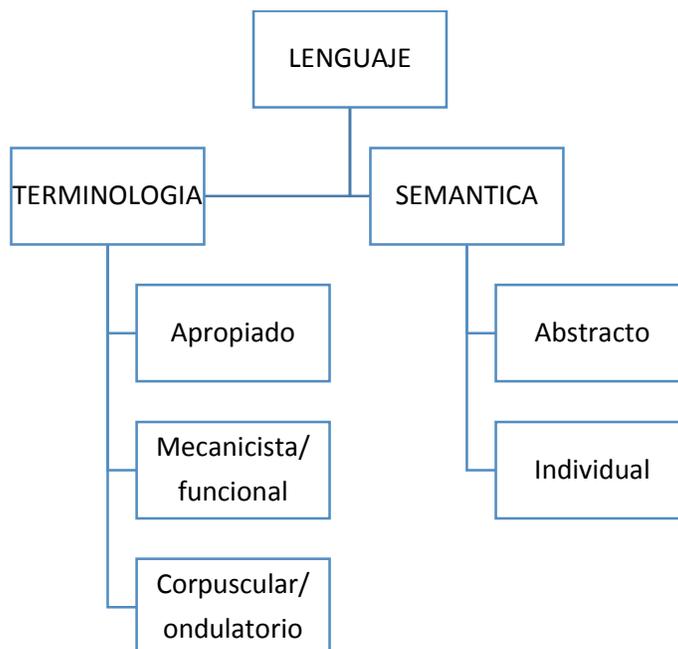
4. Continuidad/Discontinuidad: El proceso de asimilación de la concepción de materia discontinua ve dificultado, si como denuncian algunos autores (Caamaio et al. 1983) se produce una aceptación de partida acrítica del carácter discontinuo de la materia, lo cual parece suceder en la práctica mucho más de lo que sería deseable. En el caso de Mariana la introducción de estos estuvo acompañada de una serie de actividades del RBM e inevitablemente de la construcción interpretativa e individual de la estudiante. En este sentido, la concepción de materia discontinua está presente en Mariana, sin embargo esta discontinuidad sigue siendo incompleta al momento de interpretar un fenómeno físico perceptible, es decir expresa discontinuidad al hablar de los niveles atómicos y moleculares, pero muestra elementos de continuidad al expresar los principios de fenómenos perceptibles, lo cual se ha considerado como una medida indirecta del grado de apropiación de dicha idea.
5. Gráfico: El grafico expresado por Mariana para representar un conjunto de atomos se acerca más a La mecánica cuántica la cual proporciona una explicación más completa del enlace covalente de lo que lo hace la teoría de Lewis de la compartición de electrones, justificando el papel del par de electrones en la constitución de los enlaces y, al mismo tiempo, describiendo la geometría de las moléculas formadas, además las líneas que se muestran entre las formas orbitales, sugieren que también adicional a los principios del enlace reconoce las fuerzas de atracción o de repulsión existente entre los átomos. Se aleja de del modelo de Sommerfeld a través del cual representaba el átomo al inicio del proceso, esto es evidencia de una imagen mental como parte del modelo que supera las bi - dimensionalidad típica de las representaciones iniciales para el modelos expresado para los conceptos de átomo, orbital molécula y enlace.



**FIGURE 23 REPRESENTACION DE CONJUNTO DE ATOMOS EN EL MODELO 4**

6. Analogías: Mariana hace una comparación entre la estructura del átomo y su interacción con otros átomos y moléculas de la siguiente forma: “Como con bolas de masa que tienen centro duro, que sería el núcleo, las bolas de masa pueden tomar formas redonda, ovaladas y de diferentes tamaños como los orbitales y para unirse se superponen las formas sobre el electrón: no se puede ver porque no es materia ni onda o sea que puede estar en cualquier parte de la masa o en ninguna parte y como la masa está cerrada no podemos ver en dónde está, cada bola de masa puede tomar formas diferentes lo que explica que con las diferentes bolas de masa podemos crear diferentes tipos de pasteles y las características de estos pasteles dependen de los tipos de bolitas de masa que utilizemos” De acuerdo a la complejidad de la analogía utilizada (Rea-Ramirez, 2008) Citados por Cordova 2009) proponen que la analogía es: cercana - Familiar – estructural – compleja.

### 3.1.4.2 Uso del lenguaje



**FIGURE 24 ELEMENTOS DEL LENGUAJE PRESENTES EN EL MODELO 4**

7. Terminología: (Izquierdo, 1999) El modelo mental está constituido fundamentalmente por aspectos lingüísticos y representacionales. Analogando el concepto de modelo mental al de modelo científico, podríamos decir que aprender ciencia implica manejar el lenguaje y las representaciones de la ciencia erudita. Ausubel (1968) el dominio de los términos sintácticos condiciona el desarrollo intelectual.
8. Semántica: El manejo de la terminología específica en el área de la química y específicamente en la enseñanza de la EIM se fundamenta en el significado de las representaciones simbólicas, el proceso de interpretación debe proporcionar al estudiante claves adecuadas para acceder a mecanismos que le permitan hacer transiciones entre el lenguaje cotidiano y el lenguaje científico, La problemática del contexto en el lenguaje es un importante tema de investigación, ya que ella hace evidente la fractura entre lo que

llamamos ciencia erudita y ciencia escolar: el lenguaje, por ser instrumento de expresión de ambas ciencias, exhibe semejanzas y diferencias al ser usado en una u otra, y se producen deformaciones en la transición de una ciencia hacia la otra (Galagovsky et al., 1999).

### 3.1.4.3 Dimension motivacional



**FIGURE 25** ELEMENTOS MOTIVACIONALES PRESENTES EN EL MODELO 4

9. Interés: cuando se le pide a la estudiante que indique en una barra entre 1 y 100 cuanto le gusta la clase de química se ubica un poco mas debajo del punto máximo y firma que de la clase de química “*Ahora puedo entender cómo es que los átomos son los responsables de las reacciones y de todas las cosas que hemos visto en la clase de química, además de cómo funcionan los enlaces que unen los átomos para formar la materia que podemos tocar*” Esto indica que el aprendizaje de los conceptos en EIM llevaron a la estudiante a la consecución de su meta personal.
10. Seguridad: Mariana al igual que en el modelo anterior sigue respondiendo de forma negativa a exponer sus ideas y resultados frente a sus compañeros y de forma paralela sigue

afirmando que se encuentra más segura en el momento de responder o proponer sin tener que hablar en público.

11. Actitud: El desarrollo de la UD ha mostrado que aprender química es difícil si no contamos con las herramientas necesarias para su aprendizaje, No obstante, disponemos de conocimientos que pueden ayudarnos a modificar actitudes y a motivar a los estudiantes. Mariana ahora responde que de la clase de química espera *“Una clase en la que pudiera aprender como la química afecta nuestras vidas en el día a día, esperaba una clase difícil con muchas matemáticas y formulas, pero ahora encuentro que al estudiar los átomos puedo estudiar la vida en general”*.

#### 3.1.4.4 Dimensión histórico-ontológica



FIGURE 26 ELEMENTOS HISTÓRICO - ONTOLÓGICOS PRESENTES EN EL MODELO 4

Trascendencia: Para finalizar se indaga a la estudiante sobre las cosas útiles que puede sacar de la historia de la química y la estudiante responde: *“Muchas cosas valiosas, como entender que todo es química o que la química es responsable de todo en el mundo, desde nuestros sentimientos hasta las cosas que pasan en el espacio exterior como la capa de ozono y la vida en otros planetas,*

*es muy interesante saber estas cosas*” la estudiante ya puede relacionar los adelantos del pasado con el modo de vida de la sociedad actual y la interpretación de los fenómenos de la naturaleza. Ahora la historia tiene un rol fundamental como conjunto de conocimientos, experimentos, teorías complejas del ser humano y no de la química únicamente. Conocer no sólo la historia contribuye al proceso de crecimiento como sujetos capaces de conocer, de comprender, de racionalizar la información y de tomar esos datos para seguir construyendo día a día una nueva realidad.

Experiencia: Mariana afirma haber recogido mucha información durante este proceso, si su actitud e interés son positivos, su experiencia en general con la UD es positiva.

### 3.2 Conclusiones

Respecto al objetivo de la investigación se puede señalar que éste se encuentra alcanzado de forma satisfactoria. Para afirmar esto se es necesario acudir al reconocimiento de que existen otros constructos que vinculan el RBM y educación que pueden ser examinadas y que se dejaron fuera de la investigación por las restricciones naturales de tiempo. Sin embargo esta investigación contribuye en el campo de la didáctica y de las ciencias cognitivas a establecer enlaces vinculantes y promueve acciones para aplicar elementos de las ciencias cognitivas en educación. La UD muestra cómo es posible transitar entre modelos mentales con conceptos abstractos como lo es la EIM desde una perspectiva de enseñanza basada en el RBM.

Los modelos mentales son representaciones que el razonante construye para interpretar la realidad, estos se construyen a partir de su experiencia y la información que recolecta, ellos incluyen todas las dimensiones humanas y se forman a partir de las relaciones sus narrativas. Las acciones de enseñanza deben incluir actividades que desarrollen las capacidades y competencias de forma holística, que aporten a la formación y consolidación de la parte conceptual, moral, social, afectiva, para poder brindar una consolidación de los modelos mentales en la química. La incorporación del RBM en la educación implica la elaboración de nuevos dispositivos didácticos, en lo que se refiere a

las habilidades involucradas, la forma en que se planifican y estructuran unidades de aprendizaje y como se da la instrucción. Desde un punto de vista cognitivo, las actividades de EABM se vislumbran exigentes ya que requieren de un alto compromiso y participación, tanto de los estudiantes como del docente.

El RBM propone tres acciones de enseñanza basadas en tres Heurísticos usados por los razonantes para la construcción de modelos los cuales son: La simulación mental, la analogía y la imagen mental, la propuesta de EABM aquí presentada incluye acciones de enseñanza basados en esos Heurísticos: La analogía, la inspección, las preguntas disonante y el experimento mental, el análisis de los modelos mentales demuestra que las actividades basadas en la propuesta didáctica del RBM condujo a la estudiante a la evolución de dichos modelos, al sofisticamiento de nuevos elementos y a la anulación de muchos otros que fueron base para la formación de modelos mentales mejorados a medida que avanzábamos en la UD.

El modelo expresado, la motivación, el uso de los términos, la trascendencia histórica y las experiencias de vida en el aula, no son todas las dimensiones que están contenidas en un modelo mental, pero sin duda son componentes que centralizan el aprendizaje desde las dimensiones humanas y no desde el “contenido conceptual” como tradicionalmente se han presentado los trabajos sobre modelos mentales, estos componentes en conjunto se modifican en la mente del razonante a partir de la experiencia y la información y son algunos de los que constituyen la representación abstracta que hace el estudiante para dar sentido al mundo y en gran medida son las herramientas que tienen los estudiantes para interpretar lo que los docentes queremos enseñar. Desde esa perspectiva se planteó el presente trabajo.

## Anexo 1

Aquí podrás aprender los conceptos relacionados con los átomos, los enlaces y las diferencias en la organización de la materia. Además encontrarás preguntas y actividades a cerca de los temas que te ayudaran a hacer reflexiones sobre la importancia de la estructura íntima de la materia en el aprendizaje de la química.

Esta página es parte del proyecto de investigación para obtener el título de Magister en Enseñanza de las ciencias en la Universidad Autónoma de Manizales.

### Unidad didáctica

#### Estructura íntima de la materia

#### Objetivo General

Explicar los fenómenos químicos y las características perceptibles de dichos fenómenos a través de los principios de la estructura íntima de la materia

#### Objetivos específicos

- Conocer la estructura íntima de la materia y su constitución por partículas cargadas eléctricamente. Conocer los distintos modelos atómicos de constitución de la materia.
- Aprender a identificar las partículas subatómicas y sus propiedades más relevantes.
- Explicar cómo está constituido el núcleo atómico y cómo se distribuyen los electrones en los distintos niveles electrónicos.

Acercamiento al modelo inicial:

A continuación encontrarás una serie de preguntas debes responder claramente y justificar tu respuesta. Es muy importante que en las respuestas trates de explicar cómo crees que sucede el fenómeno que describe cada pregunta.

- ¿Cómo cree que se juntan los átomos que forman la materia que podemos tocar?

---

---

---

---

¿Qué hace girar a los electrones?

---

---

---

---

- Mediante un dibujo representa la imagen que tienes de átomo en tu mente.

¿Cómo se descubrió la existencia de los átomos?

---

---

---

---

---

¿Para que le ha servido a la humanidad el haber descubierto los átomos?

---

---

---

---

---

Si pudieras comparar los átomos con otra cosa ¿qué se te ocurriría para explicar su composición y comportamiento? Describe las similitudes entre átomos y esa cosa con la que se te ocurre compararlo.

---

---

---

---

¿Si pudieras tomar un trozo de hierro y pudieras dividirlo en partes, hasta qué punto crees que se podría dividir y como podrías saber que sigue siendo hierro?

---

## Test 1

A continuación encontrarás una serie de preguntas debes responder claramente y justificar tu respuesta. Es muy importante que en las respuestas trates de exponer desde tu punto de vista.

¿Cuánto te gusta la química? Señala un punto en la barra de abajo.

Nada 0%-----50%-----mucho 100%

¿Cuáles son las razones por las cuales elegiste este punto en la barra?

---

---

---

---

¿Qué cosas útiles o valiosas has aprendido de la química? Menciona unas cuantas, no solo de las clases, puede ser de lecturas, TV, páginas web, experiencias etc.

---

---

---

---

¿Qué esperabas del curso de química al iniciar las clases y que encuentras hoy en día?

---

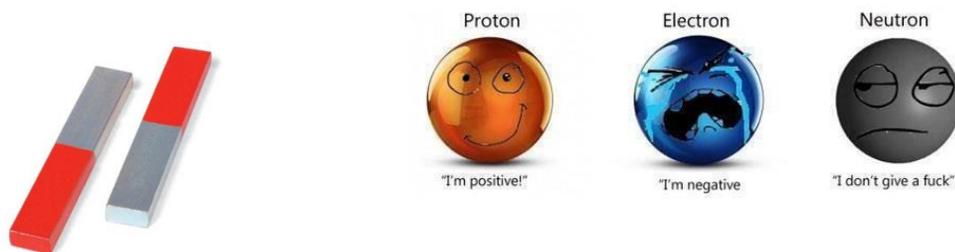
---

---

---

## Modelo 1

### Cargas y atracción (+) (-)



Teniendo en cuenta que las cargas de las partículas que componen el átomo tienen cargas contrarias y que las cargas opuestas se atraen, vamos a observar una representación de este fenómeno con elementos que podemos tocar.

Materiales: hilo 2 imanes libreta de apuntes

El docente amarra un trozo de hilo a cada imán y los pone uno frente al otro, con cinta pega el extremo del hilo a la mesa de manera que los imanes queden a 1 cm de distancia atrayéndose entre sí, luego mueve los imanes demostrando que hay una fuerza de atracción entre ellos dado que uno es positivo y el otro negativo y además hay una fuerza del hilo y la cinta que evita que se unan entre ellos y se peguen.

Después de observar este fenómeno el docente plantea a los estudiantes los siguientes dos cuestionamientos para discutir y responder.

Si los electrones son negativos y los protones del núcleo son positivos, ¿que evita que se junten entre ellos y colapsen por ser opuestos?

---

---

---

---

---

Si el átomo fuera como lo muestra la figura los electrones deberían ir hacia el núcleo y juntarse al igual que lo hicieron los imanes ¿Cómo explicas el hecho de que esto ocurra?

---

---

---

---

### El modelo de Thomson y el átomo de Rutherford

(Breve historia de la química Isaac)

...Pero los átomos en su estado normal no poseían carga eléctrica. Si contenían

Electrones cargados negativamente, debían contener también una carga positiva que lo contrarrestase. Lenard pensó que los átomos podían consistir en agrupaciones tanto de partículas positivas como negativas, iguales en todos los aspectos salvo en la carga. Esta posibilidad, sin

embargo, parecía bastante improbable, ya que de ser así ¿por qué no emitía nunca el átomo partículas de carga positiva? ¿Por qué eran siempre electrones y solamente electrones?

J. J. Thomson sugirió entonces que el átomo era una esfera sólida de material cargado positivamente, con electrones cargados negativamente incrustados en ella, como las pasas de una tarta. En el átomo ordinario, la carga negativa de los electrones neutralizaba exactamente a la carga positiva del propio átomo. La adición de nuevos electrones proporcionaba al átomo una carga negativa, mientras que la pérdida de algunos de los electrones originarios le proporcionaba una carga positiva.

Sin embargo, el concepto de un átomo sólido, cargado positivamente, no logró prevalecer. Mientras que las partículas con carga positiva y exactamente comparables a un electrón siguieron siendo desconocidas en las primeras décadas del siglo xx, se descubrieron otros tipos de partículas positivas.

En 1886, Goldstein (que había dado su nombre a los rayos catódicos) realizó algunos experimentos con un cátodo perforado en un tubo en el que había hecho el vacío. Cuando se provocaban rayos catódicos en un sentido hacia el ánodo, otros rayos se abrían paso a través de los agujeros del cátodo, y eran despedidos en el sentido contrario.

Como estos nuevos rayos viajaban en el sentido contrario al de los rayos catódicos cargados negativamente, parecía que debían estar compuestos por partículas cargadas positivamente. Esta hipótesis se confirmó al estudiar la forma en la que se desviaban en un campo magnético. En 1907, J. J. Thomson los llamó rayos positivos. Los rayos positivos se diferenciaban de los electrones en algo más que la carga. Todos los electrones tenían la misma masa, pero no así las partículas de los rayos

Positivos, donde la masa dependía de los gases que estuvieran presentes (en trazas) en el tubo de vacío. Además, mientras que los electrones eran sólo  $1/1837$  de la masa del átomo más ligero, las partículas de los rayos positivos tenían la misma masa que los

Átomos. Hasta la más ligera partícula de los rayos positivos tenía una masa tan grande como la del átomo de hidrógeno. El físico neozelandés Ernesto Rutherford (1871-1937) decidió finalmente aceptar

El hecho de que la unidad de carga positiva era una partícula bastante diferente del electrón, que era la unidad de carga negativa. Sugirió en 1914 que la partícula más pequeña de los rayos positivos, la que tenía la masa del átomo de hidrógeno, fuese aceptada como la unidad fundamental de carga positiva. Sus opiniones se vieron confirmadas por sus posteriores experimentos sobre reacciones nucleares (véase pág. 245), en lo que frecuentemente vio que obtenía una partícula idéntica a un núcleo de hidrógeno. En 1920, Rutherford sugirió que su partícula positiva fundamental se denominase protón.

¿Qué elementos nuevos encuentras en la lectura?

De que sirvieron las teorías de las que habla la lectura en el conocimiento del átomo?

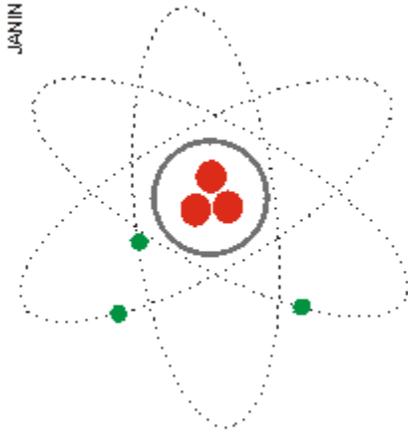
---

---

---

---

## Proyecto Salón Hogar



El descubrimiento de la naturaleza de las emisiones radiactivas permitió a los físicos profundizar en el átomo, que, según se comprobó, consistía principalmente en espacio vacío. En el centro de ese espacio se encuentra el **núcleo**, que solo mide, aproximadamente, diez milésima parte del diámetro del átomo.

### Glosario

**Electrón:** partícula subatómica que presenta carga negativa y se ubica fuera del núcleo atómico y viaja por orbitales alrededor del núcleo.

**Ernesto Rutherford** dedujo que la masa del átomo está concentrada en su núcleo. También postuló que los **electrones** (ver glosario), de los que ya se sabía que formaban parte del átomo, viajaban en órbitas alrededor del núcleo. El núcleo tiene una carga eléctrica positiva; los electrones tienen carga negativa. La suma de las cargas de los electrones es igual en magnitud a la carga del núcleo, por lo que el estado eléctrico normal del átomo es **neutro**.

¿Cómo se unen los átomos entre sí según los modelos expuestos?

---

---

---

Esta forma de unirse puede explicar la formación de todas las sustancias del universo, piensa por ejemplo en el agua, una hoja, una canica y un chicle de menta. Comparte tus respuestas.

---

---

---

---

### Experimento mental

Imagina el modelo atómico del “pudding de chocolate” y ahora piensa en esto ¿Qué pasaría si le quitamos toda la masa al pudin y dejamos solamente el centro de chocolate y las nueces que representan los electrones? Recuerda tener en cuenta las cargas de los electrones y protones, el hecho de que las “cosas” que podemos tocar son sólidas y que también los átomos se unen con otros átomos de estructura similar, puedes ilustrar tu posible solución a este problema a través de un dibujo que luego compartirás con tus demás compañeros.

Cada estudiante debe responder a los siguientes cuestionamientos en su libreta de notas y luego hacer una presentación en algún programa que le permita dar explicación a las preguntas

¿Qué conclusiones puedes sacar después de haber terminado esta parte de la unidad?

---

---

---

---

¿Cómo fue que llegaste a estas conclusiones? ¿Cuáles fueron los pasos que en tu mente ocurrieron para llegar a una conclusión sobre el átomo y de qué manera se une con otros?

---

---

---

---

Haz un dibujo en el cual representes cada una de las teorías que explican la composición del átomo y sus propiedades. Al elaborar el dibujo. ¿Qué ideas pasaron por tu mente?, escríbelas

¿Pensaste en otro dibujo antes de decidirte por el que realizaste? ¿Sí o no?, ¿por qué?

---

---

---

---



¿Qué otros objetos a parte de este conoces?

---

---

---

---

¿Para qué se usa la fosforescencia a nivel industrial?

---

---

---

---

Después se expone el siguiente enunciado: **Los objetos que emiten luz necesitan estar primero en presencia de una fuente de la misma, de esta manera sus electrones se excitan y suben a niveles de energía mayores, es decir saltan a otro orbital y posteriormente, los electrones regresan a su nivel basal pero liberan un “fotón” de menor energía al que absorbieron y así “hágase la luz”**

Señala las palabras desconocidas reconstruye la frase reemplazando las palabras por tus propias construcciones, puedes usar los términos que quieras, comparaciones y analogías, siempre y cuando sea una manera para que tú puedas entender la frase y luego puedas explicarla a tus compañeros

---

---

## La tele-transportación

Se inicia con el siguiente comentario: En las caricaturas conocemos múltiples personajes que pueden “aparecerse en cualquier lugar” de forma inmediata a este poder se le conoce como tele transportación tal como Goce el protagonista de la serie japonesa Dragón Ball Z podía hacerlo y se cuestiona por las posibles explicaciones de ser este poder real ¿Quién más puede tele transportarse? ¿Cómo lo logra? ¿Podría la física explicar este evento? Para pasar a la siguiente comparación.

¿Crees que la tele transportación será posible y porque?

---

---

---

---

-Recuerda la explicación a la fosforescencia sobre los átomos que saltan a otros orbitales ¿Cómo podrías compararlo con los personajes que se pueden tele transportar?

---

---

---

---

-¿Cómo podrías explicar entonces los saltos de excitación sin la tele transportación?

---

---

## Experimento mental

Primero vas a pensar en cómo es un átomo después de saber a cerca de la excitación y las cargas y después dibujar tres de ellos en el siguiente espacio:

Ahora vas a pensar en cómo se unen esos tres átomos para formar una molécula de una sustancia cualquiera y vas a dibujar esta interacción. Debes dibujar todo lo que se te ocurra si es un proceso si es un esquema o lo que se te ocurra para dar una explicación lógica al enlace atómico teniendo en cuenta tus conocimientos. (Recuerda que el átomo es dinámico y sus electrones se mueven)

Muestra tu teoría a tus compañeros y discute:

Explica con tu diseño los enlaces y al mismo tiempo el dinamismo del átomo y ¿cómo lo hace?

---

---

---

Explica con tu diseño los saltos de excitación y la atracción entre las partículas.

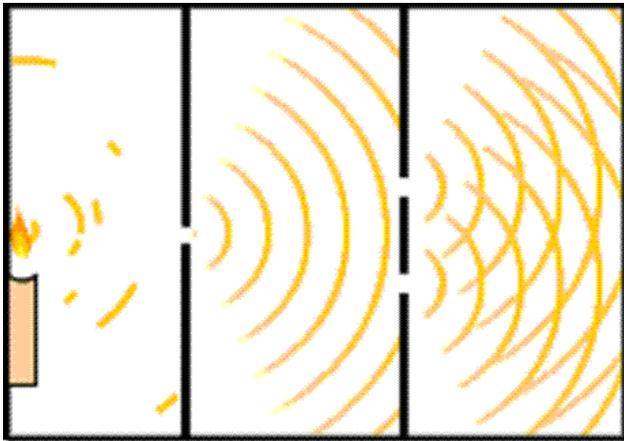
---

---

---

---

Historia de la doble rejilla



Se expone a los estudiantes la historia de este importante evento, a partir del cual se propone la dualidad del electrón, el documento recomendado es De los Átomos a Los Surcos de James S.

¿Podrías a través tu diseño explicar este fenómeno? ¿De qué manera lo explicarías si te pidieran que lo hicieras?

---

---

---

---

¿Entonces debe existir otra explicación para ello? ALGUNAS COSAS QUE NO SABEMOS AUN  
SOBRE LOS ATOMOS.

---

---

---

---

¿Cómo te has sentido en la realización de esta actividad de aprendizaje?

---

---

---

---

Investiga que es la mecánica cuántica, realiza un escrito en el cual expresas lo que es y no es.

La física cuántica es una teoría que describe cómo funciona el mundo a escalas muy, muy pequeñas. Es una teoría científica, es decir, su validez reposa sobre experimentos mentales ya que con la tecnología actual no se pueden comprobar muchas cosas. Sin la física cuántica tampoco tendríamos telecomunicaciones modernas ni radioterapia. Prácticamente todos los procesos industriales, desde la producción de aviones a medicamentos, usan luz láser, un fenómeno que se descubrió como solución matemática a ciertas ecuaciones de la mecánica cuántica. La dualidad onda corpúsculo, también llamada onda partícula, resolvió una aparente paradoja, demostrando que la luz y la materia pueden, a la vez, poseer propiedades de partícula y propiedades ondulatorias. Actualmente se considera que la dualidad onda - partícula es un "concepto de la mecánica cuántica

según el cual no hay diferencias fundamentales entre partículas y ondas: las partículas pueden comportarse como ondas y viceversa".

Responde las siguientes preguntas en tu mente y luego realiza una breve exposición de ello con tus compañeros.

¿Qué es lo más difícil de entender sobre el comportamiento del electrón?

---

---

---

---

¿Qué pasos seguiste para llegar a encontrar las dificultades para poder explicar la forma del átomo y la forma de enlazarse?

---

---

---

---

### Línea del tiempo

Realiza una línea del tiempo (Sin poner fechas) en la que muestres los diferentes estados por los que ha pasado la teoría atómica desde los griegos hasta nuestros días e indica los principales avances de la época.

## Chernóbil



¿Qué fue lo que ocurrió en Chernóbil en la década de los 80?

---

---

---

---

¿Qué fue lo que ocasiono el desastre (Errores)?

---

---

---

---

¿Cómo intervinieron los átomos en este hecho?

---

---

---

¿Explica cómo se podría haber controlado la situación?

---

---

---

---

¿Qué propones para que este lamentable hecho no se vuelva a presentar?

---

---

---

---

¿Cómo influyeron las propuestas de los antiguos científicos en lo que se hace en las centrales nucleares hoy en día?

---

---

---

---

### Modelo 3

Los números cuánticos

Desde un punto de vista mecano-cuántico, los *números cuánticos* son soluciones de la ecuación de Schrödinger.

	n°cuántico	posibles valores
<b>n</b>	principal.	1,2,3...
<b>l</b>	secundario	0,..(n-1),
<b>m</b>	magnético	-1, ...,0,....,+1

Y explicara el significado de cada uno de los valores de los números que identifican los electrones, haciendo énfasis en que **TODOS LOS ELECTRONES DIFIEREN POR LO MENOS EN UNO DE LOS NUMEROS.**

¿Para qué serviran los números cuánticos?

---



---



---



---

¿Cómo crees que se pudo descubrir la existencia de dichos números?

---



---



---

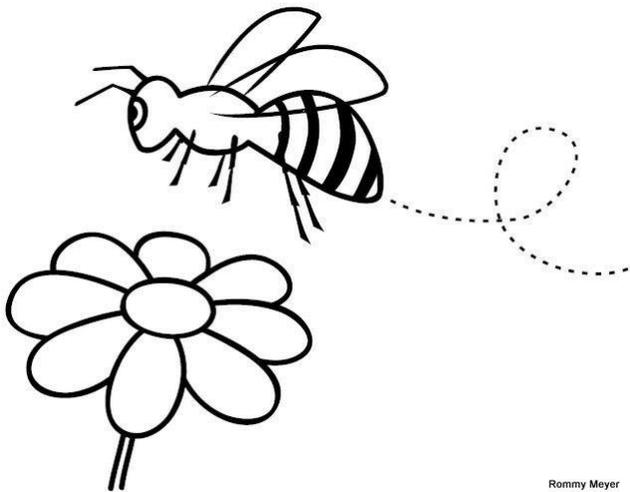


---

Encuentra el número cuántico de un electrón del cloro que se encuentra en el 3 nivel de un orbital p (te parece abstracto ¿no? Ya verás que se aclara el panorama)

Tabla No.1 Relación entre "l" y "m <sub>l</sub> "			4º NÚMERO CUÁNTICO DE ESPÍN	
Subnivel (l)	No. orbitales	No. cuántico magnético (m <sub>l</sub> )	GIRO (m <sub>s</sub> ) ("spín")	
s(0)	→ 1	→ 0	* e <sup>-</sup> despareado: m <sub>s</sub> = $\begin{matrix} +1/2 \\ -1/2 \end{matrix}$	
p(1)	→ 3	→ -1, 0, +1	* par e-s apareados: $\left. \begin{matrix} m_s = +1/2 & m_s = -1/2 \end{matrix} \right\}$	
d(2)	→ 5	→ -2, -1, 0, +1, +2	* e/orbital → máx. 2 e-s	
f(3)	→ 7	→ -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3		

La abeja y la flor



Rommy Meyer

Has la siguiente simulación mental

Imagina una flor y varias abejas volando a su alrededor.

Ahora imagina que las abejas pueden dejar un rastro por donde pasan.

Imagina que esto pasa por unos cuantos minutos, abejas volando, la flor en el centro y el rastro de las abejas.

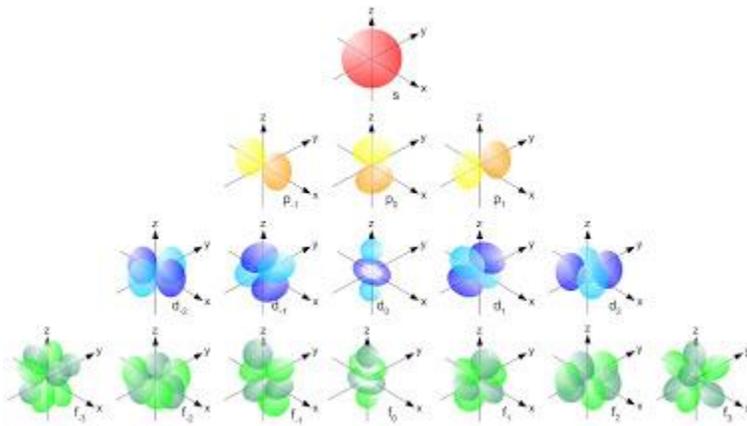
Imagina un núcleo en el centro y varios electrones en forma de materia (no onda)

Imagina a esos electrones girando en forma desordenada alrededor del núcleo dejando un rastro por donde pasan.

La historia del gato en la caja

LA PROBABILIDAD DE ENCONTRAR UN ELECTRON EN ESPACION DEFINIDOS COMO ORBITALES. De esta manera

**Recordar la analogía de las abejas y compararla con la siguiente explicación (grafico)**



¿Cómo describirías el movimiento de un electrón?

¿Cómo describirías un orbital?

---

---

---

---

¿Cuál es el papel que cumplen los electrones en los enlaces?

---

---

---

---

¿Qué es esto?



¿Qué conoces as cerca de la imagen?

¿Cómo se produce este hongo nuclear?

---

---

---

---

¿Qué fue lo que paso en Hiroshima durante la II guerra mundial?

---

---

---

---

¿Qué cosas buenas puede traer el desarrollo de tecnología basad en el átomo?

---

---

---

---

¿Qué sentimientos despierta en ti el hecho de que la química y la física hayan ocasionado esto?

---

---

---

---

Ahora los tipos de enlace

Como dijimos al principio, el hecho de que los átomos se combinen o enlacen para formar nuevas sustancias se explica por la tendencia a conformar estructuras más estables. De ahí que dichos enlaces químicos sean considerados como un incremento de estabilidad.

Para lograr ese estado ideal estable, los átomos pueden utilizar algún método que les acomode, eligiendo entre: ceder o captar electrones, compartir electrones con otro átomo o ponerlos en común junto con otros muchos.

De estas tres posibilidades nacen los tres tipos de enlace químico: iónico, covalente y metálico.

Tomando como base la diferencia de electronegatividad entre los átomos que forman un enlace se puede predecir el tipo de enlace que se formará:

Si la diferencia de electronegatividades es mayor que 2.

Se formará un enlace iónico

Si la diferencia de electronegatividades es mayor que 0,5 y menor a 2,0.

El enlace formado será covalente polar

Si la diferencia de electronegatividades es menor a 0,5

El enlace será covalente puro (o no polar).

### Enlace iónico

Cuando una molécula de una sustancia contiene átomos de metales y no metales, los electrones son atraídos con más fuerza por los no metales, que se transforman en iones con carga negativa; los metales, a su vez, se convierten en iones con carga positiva.

Entonces, los iones de diferente signo se atraen electrostáticamente, formando enlaces iónicos.

Este enlace se origina cuando se transfiere uno o varios electrones de un átomo a otro. Debido al intercambio electrónico, los átomos se cargan positiva y negativamente, estableciéndose así una fuerza de atracción electrostática que los enlaza. Se forma entre dos átomos con una apreciable diferencia de electronegatividades, los elementos de los grupos I y II A forman enlaces iónicos con los elementos de los grupos VI y VII A.

### Enlace iónico

En general, cuando el compuesto está constituido por un metal y un no-metal y además la diferencia en electronegatividades es grande, el compuesto es iónico. Es el caso del bromuro de potasio (Kb).

#### Propiedades de un enlace iónico

- Son sólidos de elevado punto de fusión y ebullición.
- La mayoría son solubles en disolventes polares como el agua.
- La mayoría son insolubles en disolventes apolares como el benceno o el hexano.

Las sustancias iónicas conducen la electricidad cuando están en estado líquido o en disoluciones acuosas por estar formados por partículas cargadas (iones), pero no en estado cristalino, porque los iones individuales son demasiado grandes para moverse libremente a través del cristal.

### Enlace covalente

Se presenta cuando se comparten uno o más pares de electrones entre dos átomos cuya diferencia de electronegatividad es pequeña.

Si los átomos enlazados son no metales e idénticos (como en N<sub>2</sub> o en O<sub>2</sub>), los electrones son compartidos por igual por los dos átomos, y el enlace se llama covalente apolar.

En este enlace covalente no polar, la densidad electrónica es simétrica con respecto a un plano perpendicular a la línea entre los dos núcleos. Esto es cierto para todas las moléculas diatómicas mononucleares (formadas por dos átomos del mismo elemento), tales como H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, F<sub>2</sub> y Cl<sub>2</sub>, porque los dos átomos idénticos tienen electronegatividades idénticas. Por lo que podemos decir: los enlaces covalentes en todas las moléculas diatómicas mononucleares deben ser no polares. Por ejemplo, una molécula de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es lineal con el átomo de carbono al centro y, por lo tanto, debido a su simetría es covalente apolar.

¿Qué tipo de enlace se formará entre H y O?

---

---

---

Pista: Según la Tabla de Electronegatividades de Pauli, el Hidrógeno tiene una electronegatividad de 2,2 y el Oxígeno 3,44, por lo tanto la diferencia de electronegatividades será:  $3,44 - 2,2 = 1,24$ .

[Enlace metálico](#)

Si los átomos enlazados son elementos metálicos, el enlace se llama metálico. Los electrones son compartidos por los átomos, pero pueden moverse a través del sólido proporcionando conductividad térmica y eléctrica, brillo, maleabilidad y ductilidad.

Los electrones que participan en él se mueven libremente, a causa de la poca fuerza de atracción del núcleo sobre los electrones de su periferia.

Cuando los electrones son compartidos simétricamente, el enlace puede ser metálico o covalente apolar; si son compartidos asimétricamente, el enlace es covalente polar; la transferencia de electrones proporciona enlace iónico. Generalmente, la tendencia a una distribución desigual de los electrones entre un par de átomos aumenta cuanto más separados están en la tabla periódica.

### Test motivacional

A continuación encontrarás una serie de preguntas debes responder claramente y justificar tu respuesta. Es muy importante que en las respuestas trates de exponer desde tu punto de vista.

¿Cuánto te gusta la química? Señala un punto en la barra de abajo.

Nada 0%-----50%-----mucho 100%

¿Cuáles son las razones por las cuales elegiste este punto en la barra?

---

---

---

---

¿Qué cosas útiles o valiosas has aprendido de la química? Menciona unas cuantas, no solo de las clases, puede ser de lecturas, TV, páginas web, experiencias etc.

---

---

---

---

¿Qué esperabas del curso de química al iniciar las clases y que encuentras hoy en día?

---

---

---

---

Acercamiento al modelo conceptual:

A continuación encontrarás una serie de preguntas debes responder claramente y justificar tu respuesta. Es muy importante que en las respuestas trates de explicar cómo crees que sucede el fenómeno que describe cada pregunta.

¿Cómo cree que se juntan los átomos que forman la materia que podemos tocar?

---

---

---

- Mediante un dibujo representa la imagen que tienes de átomo en tu mente.

Si pudieras comparar los átomos ¿con otra cosa que se te ocurriría para explicar su composición y comportamiento? Describe las similitudes entre átomos y esa cosa con la que se te ocurre compararlo.

---

---

---

---

### Bibliografía

Trefil S.J, De los átomos a los Qarks, Biblioteca científica Salvat, 1985.

Asimov I. A short history of Chemistry- An intruction to the Ideas and Concepts of Chemistry, Quimica Alianza Editorial, 1965

## Bibliografía

- A. Vilches, C. f. (1997). desinterés hacia la ciencia y su aprendizaje, a las Ciencias y las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. *La enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación*, 47-71.
- Angel, C. A. (1012). *El Amor En los Tiempos de la Gonorrea*. Chinchina: Oveja Negra.
- Arango, D. A. (2012). *El Amor en los Tiempos de la Gonorrea*. Chinchiná: Oveja Blanca.
- Asimov, I. (1965). *Breve Historia de la Química*. Madrid: Salvat Ediciones.
- Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. New York: General Learning Press.
- Baquero, R. (1997). *Vigotsky y el aprendizaje escolar*. Buenos Aires : Aique.
- CAPUANO, V. (2007). Una experiencia de aula para la enseñanza del concepto de modelo atómico en 8.º EGB. *Revista Iberoamericana de Educación n.º 44/2*.
- Chavellard, Y. (1982). Un exemple d'analyse de la transposition didactique: la notion. *Recherches en didactique des mathématiques*, 3, 1, 132.
- Clement, J. (2008). *Model Based Learning and Instruction in Science*. Model Based Learning and Instruction in Science.
- Clement, J. (2009). *Creative model construction in scientist and students The role of imagery, analogy, and mental simulation*. Springer.
- Cordoba, N. (2009). *Razonamiento Basado en Modelos: Desde las ciencias cognitivas hacia su aplicación en educación*. Santiago: Universidad de Chile.
- Dámore, B. (2002). Del modelo del flogisto al modelo de la oxidación. *educacion matematica*, 48.
- Daniel Madrid, J. A. (1993). Motivacion rendimiento y personalidad en el aula de idioma. *IX Jornadas Pedagógicas para la enseñanza de inglés*, 198 - 214.
- Dankhe, G. L. (1989). Investigación y comunicación. En F.—C. y. DANHKE, *La comunicación humana: ciencia social* (pág. 385). Mexico: McGraw—Hill .
- Duit, R., Roth, W.—M., & Komarek, M. a. (1998). Conceptual change cum dis-course analysis to understand cognition in a unit on chaotic systems: towards an integra-tive perspective on learning in science. *International Journal of Science Education*, 20, 9,, 1050.

- GÁNDARA GÓMEZ, M. D. (2002). DEL MODELO CIENTÍFICO DE «ADAPTACIÓN BIOLÓGICA» AL MODELO DE «ADAPTACIÓN BIOLÓGICA» EN LOS LIBROS DE TEXTO DE ENSEÑANZA SECUNDARIA OBLIGATORIA. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS* 20 (2), 303-314.
- García Franco, A. y. (2006). Desarrollo de una Unidad Didáctica en el Estudio de Enlace Químico en el Bachillerato. Mexico.
- Johnson-Laird, O. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Johnson-Laird, P. (2005). *Mental models and thought*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P. (2014). *The history of mental models*. New York: Psychology Press.
- Juan Ignacio Pozo. (2000). *Aprender y Enseñar Ciencias Del Conocimiento Cotidiano al Conocimiento Científico*. Madrid: Ediciones Morata.
- Lehrer, L. S. (2000). The development of model-based reasoning. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 39-48.
- Linares, R. (2006). El uso de las analogías en los cursos del Departamento de Química de la Universidad del Valle. *Revista Educación y Pedagogía*, vol. XVIII, núm. 45, 133.
- Lydia Galagovsky, A.-B. (2001). Modelos y Analogías en la Enseñanza de las Ciencias. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 231-242.
- M., G. A. (1996). The use of stereotypical gender information in constructing a mental model. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*; 49A, 639.
- Mercedes Izquierdo, M. E. (1999). propone el modelo cognitivo de ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 79.
- Moreira, I. M. (1997). Modelos Mentales, Modelos Conceptuales y Modelización. *Enseñanza de la Física (REF X)*, 107.
- Moreira, M. A. (2002). Mental models and conceptual models in the teaching & learning of science. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* v. 2, n. 3, 37.
- Moreno, T. E. (2004). Estructura de las analogías y su uso didáctico. *Actas de los XXI Encuentros de*. San Sebastián, España.
- Nersessian, N. (1999). Model-based reasoning in conceptual change. En L. M. Thagard, *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery* (págs. 133-153). New York: Kluwer Academic/Plenum.

- Nersessian, N. J. (2008). *Creating scientific concepts*. Cambridge: The MIT Press.
- Quintanilla, A. L. (2002). La solución de problemas científicos en el aula. Reflexiones desde los planos de análisis y desarrollo. *Pensamiento Educativo*, 121-137.
- Quintanilla, C. L. (2010). La importancia de la Historia de la Química en la enseñanza escolar: análisis del pensamiento y elaboración de material didáctico de profesores en formación. *Ciência & Educação*, 277-291.
- Ramirez, A. (2010,). NATURALEZA DE LOS RAZONAMIENTOS BASADOS EN MODELOS. *Praxis Filosófica*, núm. 30, 23.
- Rea-Ramirez, M. A. (2008). Model based reasoning among inner city middle school students. En J. L.-R. Clement, *Model Based Learning and Instruction in Science* (pág. 233). Springer.
- Saltiel, E. (1985). Que aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento. *Enseñanza de las ciencias*, 137 - 144.
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades Didácticas. En F. Perales y P. Canal de León (Eds.). *El diseño de unidades Didácticas. En F. Perales y P. Canal de León (Eds.)*, 239.
- Schaeken, W. (2007). The mental models theory of relational reasoning: Premises' relevance, conclusions' phrasing and cognitive. 131.
- Schunk, D. H. (2005). Self-Regulated Learning: The Educational Legacy of Paul R. Pintrich. *Educational Psychologist*, 85-94.
- Solves, J. y. (1996). Utilizacion de la Historia de las Ciencias en la enseñanza de la Química y la Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 103 - 112.
- Tamayo, O. E. (2001). *Estudio multidimensional de las representaciones mentales de los*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Tamayo, O. E. (2010). La clase multimodal y la formación y evolución de conceptos científicos mediante el uso de las tecnologías de información y comunicación. *VIII Congreso de Informática Educativa*, Julio 12-14. Cali.
- Zully, C. I. (2009). Las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia. *Revista Iberoamericana de Educación. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI)*.

