



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO

TESIS DE DOCTORADO

EPISTEMOLOGÍA DE LA QUÍMICA: DESAFIO EN LA FORMACION  
DE FORMADORES Y CARRERAS UNIVERSITARIAS

Nombre del Tesista: Lic. María Eugenia Márquez

Nombre del Director y Codirector:

Dr. Agustín Adúriz-Bravo

Dr. Yefrin Ariza

Mendoza, Argentina

2018

Facultad de Filosofía y Letras

TESIS DE DOCTORADO

EPISTEMOLOGÍA DE LA QUÍMICA: DESAFÍO EN LA FORMACIÓN  
DE FORMADORES Y CARRERAS UNIVERSITARIAS

DOCTORADO EN EDUCACION

Nombre del Tesista: Lic. María Eugenia Márquez

Nombre del Director y Codirector:

Dr. Agustín Adúriz-Bravo

Dr. Yefrin Ariza

Mendoza, Argentina

2018

**Para mi familia....**

**Mi punto de partida y de llegada...**

**Mis grandes amores...**

## AGRADECIMIENTO

Este trayecto formativo ha significado un proceso de crecimiento personal que puso en diálogo dos grandes pasiones: la Química y la educación.

Agradezco profundamente a todas las personas que contribuyeron en este camino de formación permanente:

A quienes me guiaron y dirigieron Agustín Adúriz-Bravo y Yefrin Ariza...

A mi querido amigo y colega Rodolfo Vergne, por sus palabras y su templanza...

A mi querida y desinteresada amiga y colega Francisca Julián, por su colaboración y enseñanza...

A mi querido amigo Augusto Roggiero, por las reflexiones y los sueños compartidos...

A mis queridas amigas Alejandra Guerci y Cecilia Musale, por el apoyo y el cariño...

A los estudiantes...que le dan sentido a todo...

Por último, lo principal...mi familia, por el amor eterno y desinteresado...



## INDICE DE CONTENIDOS

<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>4</b>
<b>INDICE DE FIGURAS Y TABLAS.....</b>	<b>10</b>
<b>NÓMINA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>16</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>PARTE I.....</b>	<b>20</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>21</b>
Fundamentos para el estudio de la Epistemología de la Química y su relación con la enseñanza y aprendizaje de la disciplina, en el marco de la Didáctica de las Ciencias.....	<b>21</b>
1.1. Antecedentes.....	22
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>37</b>
Justificación y Fundamentación del problema a investigar.....	37
Objetivo General.....	44
Objetivos Específicos.....	44
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>45</b>
Sustento teórico.....	45

Cuestiones estructurales para el abordaje teórico .....	45
C1: ¿Por qué y cómo superar la posición reduccionista de la Química hacia la Física como problemática epistemológica? .....	45
C2: ¿Cuál es la relación entre la Epistemología y la Didáctica de las Ciencias dentro de esta tesis?.....	53
C3: ¿Cuáles son los aportes desde el Modelo Cognitivo de Ciencia de Ronald Giere?.....	58
C4: ¿Cuáles son los aportes desde la Propuesta de Ciencia Escolar de Izquierdo- Aymerich?.....	68
C5: ¿Cuáles son los puntos de encuentro entre la Teoría de Modelos de Ciencia de Giere y la Propuesta de Ciencia Escolar de Izquierdo-Aymerich a la luz de la presente investigación? .....	79
<b>CAPITULO IV</b> .....	<b>83</b>
HIPÓTESIS DE TRABAJO .....	83
<b>Parte II</b> .....	<b>85</b>
<b>CAPITULO V</b> .....	<b>86</b>
MARCO METODOLÓGICO.....	86
Desarrollo de etapas metodológicas.....	87
Primera Etapa: .....	87
Población de estudio.....	88
Confeción de la Estrategia Didáctica .....	88
Unidades de Análisis teóricas.....	89

---

5.1.1. d. Desarrollo y Análisis de Situaciones a modo de Estrategia Didáctica.....	96
5.1.1. d.1. Situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles, basadas en la unidad de análisis teórica 1: Percepción de la estructura de la materia. (Actividades desde la A.1 a A.5).....	98
5.1.1. d.2. Situaciones que incluyen representaciones pictóricas móviles, basadas en las unidades de análisis 1 (Actividades A.1.6 y A.1.7) y en la unidad de análisis 2 (Actividades desde A.2.1 a A.2.4).....	107
Segunda Etapa: Técnica de Análisis de Contenido .....	118
Categorías conceptuales que orientan el análisis del universo documental .....	120
Tercera Etapa: Estudio Estadístico Descriptivo .....	130
Cuarta Etapa: Entrevistas de valoración de propuesta didáctica .....	130
<b>CAPITULO VI</b> .....	132
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	132
DESARROLLO DEL ANÁLISIS .....	133
Distribución de la codificación para resultados según categorías .....	133
Para situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles .....	133
Para situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles .....	136
Distribución de categorías según resultados en ambos conjuntos de situaciones.....	138
Para situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles .....	138

---

Para situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles .....	140
Comparación entre categorías para situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles y para las situaciones que sí las presentan .....	143
Ranking de respuestas según la codificación A, por actividades y categoría .....	150
Entrecruzamiento de categorías .....	160
R1: Entrecruzamiento de M1 y M3.....	160
R2: Entrecruzamiento de M1 y M2.....	161
R3: Entrecruzamiento de M2 y M5 .....	162
R4: Entrecruzamiento de M6 y M10.....	164
R5: Entrecruzamiento de M6 y M7.....	165
R6: Entrecruzamiento de M7 y M9 .....	167
R7: Entrecruzamiento de M7 y M8.....	169
R8: Entrecruzamiento de M8 y M11.....	172
Análisis de entrevistas desarrolladas en el marco de la investigación .....	173
Valoración de la estrategia didáctica por parte de los estudiantes .....	175
Explicación de las capacidades puestos en juego al resolver una situación específica. ....	177
Valoración de la actividad argumentativa como parte de la resolución se situaciones problemáticas. ....	181

---

Importancia del abordaje del proceso de enseñanza y aprendizaje a partir de la identificación de modelos teóricos y conceptos estructurante comprendidos como “maneras de interpretar un fenómeno e ideas vertebradoras” .....	183
Valoración de actividades metacognitivas y de autorregulación en el planteo de situaciones de resolución. ....	185
<b>CAPITULO VII</b> .....	188
Conclusiones y Perspectivas .....	188
Resultados y Discusiones .....	188
Objetivo General y Resultados Alcanzados .....	192
Objetivos Específicos y resultados Alcanzados .....	194
Análisis de Hipótesis.....	198
Perspectivas a Futuro .....	200
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	202
ANEXO 1.....	219
ANEXO 2 .....	263

## INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Reglas fundamentales que guían la Actividad Química .....	50
<b>Figura 1:</b> Sistema de relaciones discursivas entre la didáctica de las ciencias y la epistemología .....	54
<b>Figura 2:</b> Teorías Científicas entendidas como Familias de Modelos.....	63
<b>Figura 3:</b> Enfoque semanticista de Ronald Giere.....	64
<b>Tabla 2:</b> Unidad de Análisis teórica 1. Percepción de la estructura de la materia .....	94
<b>Tabla 3:</b> Unidad de Análisis teórica 2. Modelos Explicativos Válidos para argumentar fenómenos .....	95
<b>Tabla 4:</b> Objetivos generales e identificación numérica de actividades para Situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles .....	97
<b>Tabla 5:</b> Objetivos generales e identificación numérica de actividades para Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles .....	97
<b>Figura 4:</b> Taxonomía de Bloom.....	99
<b>Figura 5:</b> Actividad A1 correspondiente al conjunto de Situación sin representaciones pictóricas móviles.....	101
<b>Figura 6:</b> Actividad A1.2 correspondiente al conjunto de Situación sin representaciones pictóricas móviles.....	102
<b>Figura 7:</b> Actividad A1.3 correspondiente al conjunto de Situación sin representaciones pictóricas móviles.....	105
<b>Figura 8:</b> Actividad A1.4 correspondiente al conjunto de Situación sin representaciones pictóricas móviles.....	106

<b>Figura 9:</b> Actividad A1.5 correspondiente al conjunto de Situación sin representaciones pictóricas móviles.....	106
<b>Figura 10:</b> Actividad A1.6 correspondiente al conjunto de Situación con representaciones pictóricas móviles.....	107
<b>Figura 11:</b> Actividad A1.7 correspondiente al conjunto de Situación con representaciones pictóricas móviles.....	108
<b>Figura 12:</b> Actividad A2.1 correspondiente al conjunto de Situación con representaciones pictóricas móviles, primera parte .....	110
<b>Figura 13:</b> Actividad A2.1 correspondiente al conjunto de Situación con representaciones pictóricas móviles, segunda parte .....	111
<b>Figura 14:</b> Actividad A2.2 correspondiente al conjunto de Situación con representaciones pictóricas móviles.....	112
<b>Figura 15:</b> Actividad A2.3 correspondiente al conjunto de Situación con representaciones pictóricas móviles.....	113
<b>Figura 16:</b> Actividad A2.4 correspondiente al conjunto de Situación con representaciones pictóricas móviles, primera parte .....	114
<b>Figura 17:</b> Actividad A2.4 correspondiente al conjunto de Situación con representaciones pictóricas móviles, segunda parte.....	115
<b>Figura 18:</b> Elementos básicos del Paradigma de codificación .....	116
<b>Figura 19:</b> Organigrama General de la estrategia didáctica.....	118
<b>Tabla 6:</b> Categorías, codificación y símbolos para situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles .....	124
<b>Tabla 7:</b> Categorías, codificación y símbolos para Situaciones que si presentan representaciones pictóricas móviles .....	125

<b>Tabla 8:</b> Distribución de mayores frecuencias observadas en Situaciones sin Representaciones pictóricas móviles .....	128
<b>Figura 20:</b> Distribución de resultados según categoría, para situaciones sin representaciones pictóricas móviles.....	130
<b>Tabla 9:</b> Distribución de mayores frecuencias observadas en Situaciones con Representaciones pictóricas móviles .....	131
<b>Figura 21:</b> Distribución de resultados según categorías, para situaciones que presentan Representaciones pictóricas móviles.....	132
<b>Figura 22:</b> Distribución de categorías de acuerdo a los resultados, para situaciones sin representaciones Pictóricas móviles.....	135
<b>Figura 23:</b> Distribución de categorías según resultados, para situaciones que presentan Representaciones pictóricas móviles.....	137
<b>Tabla 10:</b> Comparación de las categorías compartidas (M1 y M7) para los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles.....	138
<b>Figura 24:</b> Comparación porcentual de la categoría compartida M1 y M7 en los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles.....	138
<b>Tabla 11:</b> Comparación de las categorías compartidas (M2 y M8) para los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles.....	139
<b>Figura 25:</b> Comparación porcentual de las categorías compartidas M2 y M8 en los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles.....	139
<b>Tabla 12:</b> Comparación de las categorías compartidas (M3 y M9) para los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles.....	140
<b>Figura 26:</b> Comparación porcentual de las categorías compartidas M3 y M9 en los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles.....	141

<b>Tabla 13:</b> Comparación de las categorías compartidas (M4 y M10) para los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles.....	142
<b>Figura 27:</b> Comparación porcentual de las categorías compartidas M4 y M10 en los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles .....	142
<b>Tabla 14:</b> Comparación de las categorías compartidas (M5 y M11) para los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles.....	143
<b>Figura 28:</b> Comparación porcentual de las categorías compartidas M5 y M11 en los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles .....	143
<b>Tabla 15:</b> Ranking de porcentajes de respuestas de desempeño favorable (Codificación A) según actividad y categoría específica .....	145
<b>Tabla 15.a:</b> Intervalos de porcentajes de respuestas de desempeño favorable desde 75 a 45%...	145
<b>Tabla 15.b:</b> Intervalos de porcentajes de respuestas de desempeño favorable desde 40 a 25%...	146
<b>Tabla 15.c:</b> Intervalos de porcentajes de respuestas de desempeño favorable desde 20 a 10%...	147
<b>Tabla 15.d:</b> Intervalos de porcentajes de respuestas de desempeño favorable desde 5 a 0%...	148
<b>Figura 29:</b> Porcentajes de respuestas de desempeño favorable según actividades y categorías específicas. Intervalo del 50 al 100%.....	148
<b>Tabla 16:</b> Intervalo de Porcentajes de 50 al 100% de respuestas de desempeño favorable .....	150
<b>Figura 30:</b> Porcentajes de respuestas de desempeño favorable según actividades y categorías específicas. Intervalo del 15 al 0%.....	150
<b>Tabla 17:</b> Intervalo de Porcentajes de 15 al 0% de respuestas de desempeño favorable.....	152
<b>Figura 31:</b> Entrecruzamiento de categorías para situaciones sin representaciones pictóricas móviles .....	153
<b>Tabla 18:</b> Entrecruzamiento de respuestas de desempeño favorable para las categorías M1 y M3 .....	153

<b>Figura 32:</b> Porcentajes de respuestas de desempeño favorable en M1 dado que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M3 .....	154
<b>Tabla 19:</b> Entrecruzamiento de respuestas de desempeño favorable para las categorías M1 y M2 .....	154
<b>Figura 33:</b> Porcentajes de respuestas de desempeño favorable en M1 dado que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M2 .....	156
<b>Tabla 20:</b> Entrecruzamiento de respuestas de desempeño favorable para las categorías M2 y M5 .....	156
<b>Figura 34:</b> Porcentajes de respuestas de desempeño favorable en M2 dado que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M5 .....	157
<b>Figura 35:</b> Entrecruzamiento de categorías para situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles.....	158
<b>Tabla 21:</b> Entrecruzamiento de respuestas de desempeño favorable para las categorías M6 y M10 .....	158
<b>Tabla 22:</b> Entrecruzamiento de respuestas de desempeño favorable para las categorías M6 y M7 .....	159
<b>Figura 36:</b> Porcentaje de respuestas de desempeño favorable en M6 dado que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M7 .....	160
<b>Tabla 23:</b> Entrecruzamiento de respuestas de desempeño favorable para las categorías M7 y M9 .....	161
<b>Figura 37:</b> Porcentaje de respuestas de desempeño favorable en M7 dado que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M9 .....	162
<b>Tabla 24:</b> Entrecruzamiento de respuestas de desempeño favorable para las categorías M7 y M8 .....	163

---

**Figura 38:** Porcentaje de respuestas de desempeño favorable en M7 dado que tuvieron  
respuestas de desempeño favorable en M8..... 164

**Tabla 25:** Entrecruzamiento de respuestas de desempeño favorable para las categorías M8 y M11  
..... 166

## NÓMINA DE ABREVIATURAS

C1	Cuestión 1
C2	Cuestión 2
C3	Cuestión 3
C4	Cuestión 4
C5	Cuestión 5
Fr	Frecuencia
H1	Hipótesis de Trabajo 1
H2	Hipótesis de Trabajo 2
H3	Hipótesis de Trabajo 3
M1	Modelos Teóricos utilizados, para situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles
M2	Relaciones establecidas mediante argumentos, para situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles
M3	Conceptos Estructurantes, para situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles
M4	Aplicabilidad y ejemplificación, para situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles
M5	Errores conceptuales y relacionales en explicaciones, para situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles
M6	Análisis de representaciones pictóricas
M7	Modelos Teóricos utilizados, para situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles
M8	Relaciones establecidas mediante argumentos, para situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles
M9	Conceptos Estructurantes, para situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles
M10	Aplicabilidad y ejemplificación, para situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles

M11 Errores conceptuales y relacionales, para situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles

Ma Átomo cuántico

Md Átomo químico

UAT1 Unidad de Análisis Teórica 1

UAT2 Unidad de Análisis Teórica 2

## INTRODUCCIÓN

---

Este trabajo intenta indagar el campo de la epistemología de la Química para lograr un entendimiento crítico y profundo de la disciplina, de manera que acerque tanto a educadores como a estudiantes de Química hacia una perspectiva que resignifique sus ideas estructurantes dentro del currículum en niveles de educación superior universitario y no universitario.

Se aborda el análisis a la luz del pluralismo filosófico citado por Bachelard (1971, p.26), pretendiendo escapar de un punto de vista único.

Desde el planteo de Klimovsky (1994), el término “epistemología” será empleado en un sentido más restringido, referido exclusivamente a los problemas del conocimiento científico, tales como las circunstancias históricas, psicológicas y sociológicas que llevan a su obtención, y los criterios con los cuales se lo justifica o invalida. La epistemología de la Química sería, entonces, el estudio de las condiciones de producción y de validación del conocimiento científico, referente al campo de la Química.

Se entiende la epistemología como equivalente a metaciencia en un sentido amplio (Mosterín, 1982; Moulines, 1982; Klimovsky, 1994), es decir, como la disciplina científica que tiene por objeto de estudio específico la ciencia en general y cada una de las ciencias en particular. (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2001, p.41)

Considerar la epistemología desde esta perspectiva, posibilita ponerla en diálogo con la línea de investigación NOS (*Nature of Science*) correspondiente al área HPS (*History and Philosophy of Science*), difundida en la didáctica de las ciencias.

McComas, Clough y Almazroa (1998) enfatizan que: “Los elementos que se toman de las metaciencias son aquellos que tienen incidencia en la educación científica” (Citado en Adúriz-Bravo et al., 2001, p.44)

El problema de investigación de este trabajo se establece en los siguientes términos:

*Es posible determinar qué conceptos de la Química se convierten en obstáculos epistemológicos para la comprensión de la estructura atómica y qué dificultades asociadas al análisis filosófico de la Química emergen, además de su influencia en el aprendizaje de esta ciencia, desde la perspectiva modeloteórica (desde la Filosofía de la Ciencia) y de la propuesta de Ciencia Escolar (desde la Didáctica de las Ciencias)*

PARTE I:

---

*“En las personas, cuando algo tira de ellas, cuando se persigue una finalidad que interesa alcanzar porque es valiosa, entonces se piensa sobre lo que se hace, se inventan los lenguajes adecuados a las nuevas experiencias y se establece un consenso respecto a lo que van a permitir comunicarla, para continuar actuando, pensando, comunicando con éxito hasta alcanzar la meta.”*

*(Guidoni, 1985)*

*“En caso contrario, cuando las preguntas no son las adecuadas, los lenguajes resultan vacíos, las teorías no tienen significado experimental y los experimentos se llevan a cabo como si fueran recetas de cocina...”*

*(Izquierdo-Aymerich y Merino, 2011, p.216)*

## **CAPITULO I:**

### **Fundamentos para el estudio de la Epistemología de la Química y su relación con la enseñanza y aprendizaje de la disciplina, en el marco de la Didáctica de las Ciencias.**

---

Son ampliamente conocidas por los investigadores, las cuestiones que se problematizan en el campo de la Didáctica de las Ciencias y específicamente las vinculadas a la Química. Algunas de estas cuestiones se relacionan con: progresiones en los procesos de aprendizajes poniendo en diálogo capacidades y representaciones (Matus, 2009); la esencia de la Química, a través de la cual se problematiza el currículum oculto en Química, los aspectos epistemológicos en la enseñanza de las ciencias, cultura química entre otros, desde un análisis filosófico y educativo (Chamizo, 2007); concepciones de los estudiantes sobre enlaces químicos ligadas a los momentos de la educación formal (De Posada, 1999); revisiones histórico epistemológicas de las leyes fundamentales de la Química (Badillo, 2004); problematización acerca de la naturaleza de las ciencias que debieran conocer los profesores de ciencia (Adúriz-Bravo, 2009); reflexiones a partir de la enseñanza de saberes como los asociados a la tabla periódica, analizando conceptos como elementos, sustancia pura y átomo (López Lage, 2004); entre otras.

En este contexto, el proceso de enseñanza y aprendizaje demanda una atención especial, desde una perspectiva que supere abordajes intuitivos, para indagar en el plano intersticial, estructural y social de la ciencia. Es decir, se analizará “la Química” desde una doble perspectiva: una “intra” vinculada con aspectos asociadas con la ciencia, como objeto de estudio de las metaciencias. Reside allí la metáfora de lo intersticial, por un lado, haciendo referencia a la indagación de aquel espacio minúsculo entre los elementos que conforman la ciencia en cuestión, y lo estructural por el otro, en relación con las familias de modelos que componen las teorías científicas que la forman, y la manera en que estos modelos la diagraman.

En relación con el carácter social de la ciencia, se propone la perspectiva “inter”, punto de vista que considera a la ciencia en su función socializadora. Este es uno de los argumentos que nos acerca a la línea de investigación NOS, como un espacio capaz de propiciar el estudio profundo de determinados aspectos, que ayuden a vislumbrar procesos de construcción de significados por parte de estudiantes de profesorado y de ingenierías. Desde esta perspectiva, “se trabajan significados a partir de la reconstrucción teórica de determinados fenómenos sometidos a restricciones y regularidades”, como lo aborda Adúriz- Bravo y otros (2005, p.3).

## Antecedentes

Se llevó a cabo una revisión de antecedentes de investigación para comprender aspectos intrínsecos propios de la enseñanza y aprendizaje de la Química.

A continuación, desarrollaremos algunos puntos detectados en estos trabajos, que aportan pautas y elementos que fueron relevantes para la construcción de las categorías de análisis de nuestro estudio.

Una de las cuestiones centrales que se presentan en las investigaciones relacionadas a la enseñanza y aprendizaje de la Química, hace alusión a los procesos que se llevan a cabo por los estudiantes al momento de intentar aprender conceptos y teorías químicas específicas.

Matus (2009), en su trabajo de investigación, intenta describir y analizar las imágenes o representaciones externas que se emplean para la enseñanza de los enlaces químicos en los libros de texto. También indaga en las formas de razonar y aprender más sofisticadas por parte de los estudiantes, haciendo referencia a las progresiones de aprendizaje. (Duncan y Hmelo Silver, 2009)

Dos conceptos emergentes aportan importantes elementos de análisis: *La persistencia o estabilidad en concepciones vinculadas a los campos conceptuales de la Química*, a pesar de haber recorrido trayectos de escolarización explícitos; y *la progresión del conocimiento*,

entendida como un medio para comprender el aprendizaje como cambio en los sistemas de ideas de los sujetos.

Matus (2009), especifica que para determinados contenidos son posibles distintos niveles de formulación (García, 1999), o niveles explicativos (Marín y Benarroch, 1998).

Es así que se trabaja sobre la premisa que afirma: el conocimiento de los estudiantes no es directamente alcanzable y se puede llegar a él por aproximaciones sucesivas (Matus, 2009, p.24).

Las aproximaciones sucesivas implicarían la evaluación de coherencia entre las progresiones en la enseñanza y las progresiones en el aprendizaje de los estudiantes.

En las investigaciones citadas, los autores presentan a modo de crítica, importantes apreciaciones referidas a las concepciones obtenidas inductivamente de las respuestas de los alumnos y sus distintas limitaciones.

Estas apreciaciones hacen referencia a tres características a destacar en la naturaleza de las respuestas. Según Marín y Benarroch (1998):

- *Son declarativas*, es decir contienen lo que piensan los estudiantes, pero no los mecanismos por los que se alcanza dicho razonamiento.
- *Son estáticas*, ya que no informan sobre el grado de estabilidad de los conceptos ante nuevas situaciones.
- *Son limitadas*, porque no informan el grado de relación de la idea con los elementos cognitivos. (p.25)

En función de los objetivos de nuestra investigación, planteamos problematizar desde la propuesta de Ciencia Escolar de Izquierdo-Aymerich (2004), cómo se confeccionan y desarrollan las instancias de aprendizaje de determinados campos estructurantes de la Química.

Desde dicha proposición, se pretende abordar una “Química en acción” basada en la actividad científica en el aula, que coloca su atención en capacidades cognitivas específicas centradas en el pensamiento, la acción y la comunicación. Desde este último aspecto, se estudiarán las argumentaciones de los estudiantes propiciando el análisis de categorías emergentes vinculadas a las tres características antes mencionadas por Matus (2009).

Son varios los investigadores que identifican una tendencia predominante en la enseñanza de la Química (Alzate Cano, Caballero y Moreira, 2006). Entre ellos, Matus (2009) expresa:

Se reconoce una estructura clásica de la Química, cuyos propósitos pedagógicos son crear un ambiente parroquial con poca comunicación social, desarrollar exposiciones mecánicas de hechos, teorías, resultados y técnicas de forma inconexa, un menosprecio por el rol de los modelos para guiar las acciones de la Química, un énfasis excesivo en rutinas experimentales con detrimento de las teorías, de la enorme importancia de enfatizar la construcción de modelos y la comprensión de las limitaciones para simular nuevas situaciones experimentales. (Matus, 2009, p.14)

Entre muchas de las problemáticas emergentes del campo de las Didácticas de la Química, el estudio acerca de cómo se trabaja la argumentación en ciencias, ha sido motivo de discusión. Desde la tendencia dominante en la enseñanza de la Química, citada anteriormente, se aprecia escaso énfasis en el desarrollo de la competencia argumentativa. (Roth et al., 2006).

A los fines del presente trabajo, se propone un abordaje alternativo del análisis proposicional del argumento, basado en estructuras, elementos y formatos lingüísticos propiamente dicho, para comprenderlo desde una “Epistémica de la Argumentación”, que en palabras de Adúriz-Bravo (2016), implicaría: “Entender la argumentación como un acto de creación de significado y de creación de conocimiento de la ciencia, es decir, comprender la función de argumentar como una función clara de la naturaleza de la ciencia”.

Es allí donde posiblemente resida la importancia de resignificar las características de la Ciencia Escolar. Esta, constituye una propuesta enriquecedora para la formación científica, y de algún modo consolida la actividad científica de los estudiantes, asegurando aplicabilidad y significatividad, favoreciendo la capacidad explicativa de la Química (Izquierdo-Aymerich, 1999)

Ante la necesidad de generar experiencia química en los estudiantes para que puedan formular buenas preguntas, se deben construir situaciones de enseñanza y aprendizaje que demanden explícitamente el tratamiento de mecanismos vinculados con el proceso de aprendizaje, la desnaturalización referida al grado de estabilidad de los conceptos ante dichas situaciones, y el grado de relación entre ideas y elementos cognitivos.

A la luz de lo expresado, se propone una doble línea de acción: la primera indaga posibles obstáculos en la construcción de los campos estructurantes de la Química, desde la perspectiva de la Epistemología de la Química; y la segunda, pone en diálogo la primera línea con posibles consecuencias en el ámbito de la enseñanza y el aprendizaje de la Química. Una de ellas, podría estar vinculada a la discusión acerca de la argumentación, desde el abordaje citado anteriormente. Este propone “hibridar” la argumentación científica escolar con la modelización científica escolar, desde el desarrollo de competencias específicas de ambos campos puestos en diálogo, en el marco del “Giro argumentativo en la Didáctica de las Ciencias”, asumiendo un contexto particular en el que la epistemología colabora en la comprensión de la argumentación. (Adúriz-Bravo, 2016)

A modo de ejemplo, podemos analizar uno de los aspectos remarcados por Maite (2009): “A partir del estudio histórico evolutivo se reconoce una tendencia sustancialista, concepción que mezcla el sistema macroscópico con el microscópico (...), lo que implica considerar las propiedades de partículas iguales que las propiedades de sustancias”. (p.39)

A partir de esta afirmación, es posible problematizar qué herencias dejó dicha tendencia sustancialista en los discursos asociados a la ciencia escolar, y la manera en que esto repercute en los estudiantes, al momento de construir significados asociados a la estructura atómica.

En relación a lo antedicho, Urrego Manco (2014) expresa:

Si aceptamos que los átomos de diferentes elementos comparten las mismas partículas fundamentales que los conforman diferenciándose por las proporciones en las que estas están presentes, existe una disposición a creer que es posible reorganizar las partículas y modificar las proporciones en las que estas se presentan generando la transformación de

un elemento en otro, pues la identidad del elemento depende directamente de la carga neta del núcleo. (p.25)

Gastón Bachelard (1948) hace alusión al “Obstáculo sustancialista”, lo que podría considerarse como una respuesta posible a la cuestión anterior, pero no la única.

Este consiste en la unión que se hace de la sustancia y sus cualidades. Bachelard distingue un sustancialismo de lo oculto, de lo íntimo y de la cualidad evidente. En el sustancialismo de lo oculto, se supone una realidad encerrada, cubierta por la sustancia; en el sustancialismo de lo íntimo la cualidad profunda está encerrada pero no de manera superficial sino profundamente encerrada, mientras en el sustancialismo de la cualidad evidente, la realidad se capta en una intuición directa dando lugar a una explicación simple y peligrosamente sencilla. (p.30)

Otro de los obstáculos identificados en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Química, se relaciona con los modelos utilizados a lo largo de la construcción conceptual.

Al respecto expresa Tarascon y Barboux (1987): “Los alumnos tienen concepciones derivadas de una confusión entre conceptos pertenecientes a distintos modelos, [el inconveniente se halla] entre el modelo y el campo de referencia empírico que se intenta modelar”. (p.3)

Guevara y Valdez (2004) reconocen tres causas posibles a nivel de concepciones:

1. Concepciones espontáneas influenciadas por la percepción.
2. Concepciones inducidas a través del lenguaje.
3. Concepciones analógicas, producto de enseñanzas erróneas o no adaptadas a un nivel de conocimiento y potencialidades de los estudiantes.

Al respecto Bachelard (1948) hace referencia al proceso dialéctico de superación de concepciones considerando que ciertas concepciones anteriores, en lugar de construir una pasarela o trampolín para el pensamiento, pueden impedirlo o bloquearlo creando un “obstáculo epistemológico”.

A partir de esta idea, el autor, identifica dos errores específicos y complementarios, a los cuales denomina “error epistemológico y pedagógico” respectivamente. El primero, critica la tendencia del profesorado de ciencias de no tener en cuenta las creencias preexistentes de los alumnos, y la segunda, de no tener en cuenta el aspecto dialéctico del saber.

El autor propone: “Comenzar por criticar y desorganizar el conjunto impuro de las intuiciones básicas para producir curiosidad crítica” (Bachelard, 1948, p.21).

Puede apreciarse una clara demanda vinculada a la Didáctica de las Ciencias, ya que entran en juego categorías propias de la didáctica, vinculadas con las concepciones previas de los estudiantes y su resignificación en el proceso de enseñanza y aprendizaje, las estrategias utilizadas por el docente para favorecer la transposición didáctica sin perder el sentido científico de lo que se pretende enseñar y aprender, los posicionamientos filosóficos desde los cuales los profesores de ciencia planifican sus clases, entre otros. Es decir, la demanda que se reconoce puede ser abordada desde dos aspectos centrales, nombrados anteriormente: el primero, relacionado con cuestiones propias de la Química a nivel conceptual y filosófico (Filosofía de la Química); y el segundo, asociado al proceso de enseñanza y aprendizaje de la ciencia en cuestión (Didáctica de la química).

Otro punto ampliamente discutido en las investigaciones afines a este trabajo es el referido al estudio de la relación entre **la Historia de la Química y la Didáctica de la Química**. Estas centran el análisis en una cuestión particular: “**Qué tipo de historia de la Química se nos enseña**”.

Al respecto, Kragh, (1989) expresa:

El componente histórico en la formación de los profesores de ciencias, posibilita algunos objetivos relacionados con una mayor comprensión de la actividad científica, comprensión profunda de los significados de los modelos teóricos y sus conceptos asociados; posibilidad de establecer relaciones metateóricas con la filosofía y la sociología de la ciencia; servir de puente entre las disciplinas científicas y las humanidades, valoración de los modelos científicos vigentes en tanto construcciones teóricas sistemáticamente progresivas, desde una perspectiva naturalizada. De esta forma, no cabe duda del papel fundamental de la Historia de la ciencia en su enseñanza, en tanto que contribuye al

cuestionamiento de la habitual visión dogmática de la ciencia y sus métodos (Citado en Cuellar, Quintanilla y Marzàbal, 2010, p.4).

En este mismo trabajo, los autores consideran que una de las principales dificultades que se presentan en la enseñanza de la Química, y que pueden llegar a tener directa relación con los bajos resultados académicos de los estudiantes en este área, es el carácter tradicionalmente *transmisionista, algorítmico y absolutista*, con el cual el profesor hace de esta disciplina el objeto de estudio en el aula, apoyándose en investigaciones como Furió, (1996); Gil, Carrascosa y Martínez-Terrades, (2000); Izquierdo-Aymerich, (2000); entre otros. Por esta razón, se considera que la enseñanza de la Química basada en una perspectiva histórica, en la que adquiere importancia 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 (Labarrere y Quintanilla, 2002).

Currea (2010), intenta integrar las perspectivas históricas y epistemológicas a la enseñanza de las ciencias, así como los aportes que dichas perspectivas puedan contribuir en la construcción de modelos y metodologías didácticas propias para la enseñanza de las diversas disciplinas científicas, en general, y de la Química, en particular.

El autor expresa:

Se ha suscitado en el campo de la didáctica de las ciencias, a propósito de las particularidades del conocimiento químico; su peculiar estatuto epistemológico, que indica supervivencias conceptuales que no suponen reemplazos teóricos totales; la caracterización de los modos de representación y modelización desde la historia de la Química, así como los núcleos de debate acerca de la posibilidad de que el manejo conceptual y metodológico, en Química, dependa de la resolución de problemas en que se tenga interés. (Currea, 2010, p. 2)

Uno de los puntos de discusión emergentes se vincula con la posibilidad de coexistencia de concepciones diferentes sobre un mismo tópico en el área de la Química.

Al hablar de coexistencia de concepciones no solo se hace referencia a que, después de la instrucción, los alumnos compartan una visión científica y una visión intuitiva previa a la enseñanza, sino también a que ya, desde una fase anterior al aprendizaje escolar, un mismo alumno pudiera compartir diversos esquemas alternativos sobre un mismo tópico que rivalizan y compiten entre sí. (Currea, 2010, p.3)

Greca y Dos Santos, (2005) afirman que los análisis históricos y epistemológicos han demostrado que subsisten en el pensamiento químico diversos modos de representación y modelización, elementos que permiten construir explicaciones satisfactorias.

En palabras de Currea (2010):

Se hace alusión a la recurrencia conceptual, la cual podría entenderse, como la elección que los sujetos realizan de un conocimiento cuando han de enfrentarse a una problemática, así como la conveniencia que ellos encuentran en los esquemas conceptuales y metodológicos, sobre otros, igualmente satisfactorios, para la cuestión planteada. (p.24)

Nuevamente encuentra un lugar interesante en el debate, la naturaleza de las situaciones didácticas a las cuales se enfrenta a los estudiantes. Sin embargo, en esta ocasión se suma una nueva categoría de análisis, al considerar junto a Currea, (2010), que los conocimientos disciplinarios presentan características epistemológicas propias y diferenciales, permitiendo la construcción de distintas explicaciones ante el estudio de un hecho o fenómeno, porque son los conceptos y teorías las que se encuentran basadas en distintas concepciones.

Cabe destacar, que este análisis de naturaleza epistemológico acerca de la enseñanza de la ciencia es posible gracias a transformaciones en una perspectiva más amplia. De la mano de Izquierdo-Aymerich (2010), podemos remarcar dos ideas fundamentales que caracterizan dicha perspectiva:

- Resignificación de la ciencia
- Comprensión de “epistemología”

Para abordar la primera idea, debemos comprender que el replanteo acerca de “¿Qué es la ciencia?”, implica un camino posible para decidir qué y cómo enseñar.

Para tal fin, reconoceremos una importante transformación que consistió en el paso de una concepción heredada, denominada Racionalismo crítico a una Racionalidad moderada, contextual e hipotética. En palabras de la autora:

Esto implicó un cambio de concepción, ya que se pasó de considerar la ciencia como conjunto organizado y validado de conocimientos que explican cómo es el mundo en que vivimos, a considerar que la ciencia es un tipo de actividad humana y por ello, compleja y difícil de describir. (Izquierdo-Aymerich, Sanmarti, y Espinet, 1999, p.3)

La segunda idea, retoma la postura de Izquierdo-Aymerich (2000) quien invita a comprender que: “La epistemología es una guía para enseñar a pensar acerca del conocimiento científico, pues establece las pautas para justificar conocimiento, relacionando teorías científicas y fenómenos”. (p.29)

El pensamiento científico, los procesos asociados, los productos de la actividad científica, las relaciones (tanto de procesos como de productos) con la sociedad, los cambios en el tiempo, entre otros, son objetos de reflexión de la epistemología.

Izquierdo-Aymerich (2010), propone la elección de dos guías de la enseñanza de las Ciencias: Modelo Cognitivo de Ciencia (Giere, 1999), y el concepto de ciencia como actividad (Echeverría, 1995):

Los modelos cognitivos de ciencia hacen hincapié en que la ciencia es el resultado de una actividad cognitiva, por ende, para hacer ciencia es necesario actuar con una meta (que es interpretar el mundo y otorgarle un significado para poder intervenir en él) utilizando la capacidad humana de representarse mentalmente lo que se está haciendo y emitir juicios sobre los resultados de actuación. (Izquierdo-Aymerich, 2000, p.34)

Es posible vincular lo expresado anteriormente con nuestra investigación, comprendiendo que los modelos teóricos posibilitan la intervención transformadora en el mundo, y a su vez estos

generan representaciones y símbolos que crean nuevas entidades con las cuales se explica el mundo.

Izquierdo-Aymerich (2010) propone intentar no reproducir los razonamientos científicos, sino generar razonamiento derivado de los propios valores de la escuela, relacionados con los modelos y fenómenos que son relevantes para los alumnos y que contribuyen a su educación científica (p.35). Es decir, se reflexiona sobre la denominada Actividad Científica Escolar, a partir de la presentación conveniente de entidades científicas.

“Solo si estos logran formularse auténticas preguntas podrán apropiarse de los modelos científicos, reconstruyéndolos y haciéndolos evolucionar.” (Izquierdo-Aymerich, 2010, p.40)

A los fines de nuestra investigación, surge la necesidad de problematizar las discusiones acerca de los modelos y la actividad científica escolar desde la formación de formadores. Emerge un cuestionamiento vinculado con la perspectiva de la Didáctica de las Ciencias, centrado en el análisis del proceso de resignificación que lleva a cabo el docente, al planificar sus clases de ciencia.

En este marco de análisis, se planteará el rol del profesor desde la propuesta de Barrow (1995): “Docente como mediador cognitivo”.

Esta consideración supone que el profesor planifica el proceso de enseñanza y aprendizaje con el propósito de guiar estratégicamente al estudiante, potenciando habilidades de pensamiento y construyendo situaciones que posibiliten el desarrollo de capacidades específicas.

Barrow (1995) afirma que:

La capacidad del profesor al usar las habilidades de enseñanza facilitadoras durante el proceso de aprendizaje de pequeños grupos es el determinante más importante en la calidad y éxito de cualquier método educativo ayudando a: 1) desarrollar el pensamiento de los estudiantes o habilidades de razonamiento (resolución de problemas, metacognición, pensamiento crítico) cuando aprenden y 2) ayudarlos a llegar a ser más

independientes, aprendices auto-dirigidos (aprender a aprender, administración del aprendizaje) (Citado en Collazos, Guerrero y Vergara, 2001, p.6).

Cuando el docente planifica sus clases, aborda un proceso de construcción del conocimiento basado en su concepción epistemológica y filosófica, en su interpretación de la Historia de la Ciencia, en determinados modelos que él mismo reconoce como componentes de ciertas teorías, entre otros, aunque dichos posicionamientos no siempre son explícitos. Teniendo en cuenta este complejo proceso, del que varias investigaciones dan cuenta (Porlán, Rivero, Martín del Pozo, 1997; Mellado, 2003), emerge un interrogante central:

¿Qué preguntas auténticas deben formular los docentes para desnaturalizar los saberes correspondientes al curriculum de Química y a partir de ellos, pensar y elegir los modelos teóricos (comprendidos como una “manera de mirar”), derivar conceptos estructurantes y generar situaciones de aprendizaje que logren desequilibrar a los estudiantes, permitiéndoles construir significados y desarrollar capacidades para representar, intervenir y transformar el mundo?

Cuando decimos “desnaturalizar”, nos referimos a la actividad cognitiva centrada en problematizar la estructura conceptual que da sustento a la Química como disciplina, para repensar aquellos procesos que deben ser deconstruidos para lograr una significativa transposición didáctica.

Entre los elementos que encuentran posibilidad de análisis en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Química, hallamos un planteo de sumo interés basado en el siguiente cuestionamiento de la mano de Talanquer (2014):

**¿Qué debemos enseñar y cómo debemos hacerlo para promover aprendizajes duraderos y significativos?**

En su investigación, el autor apela a una tendencia reconocida, centrada en el énfasis de enseñar “lo que se sabe y no lo que se piensa” (Talanquer y Pollard, 2010). Esto implica aceptar que no se enseña la Química como una forma de pensar el mundo. Se plantea una

crítica basada en el énfasis situado en aprender a resolver preguntas tan específicas y descontextualizadas que parecen irrelevantes y carentes de propósitos.

Ante tal situación, el autor propone utilizar el análisis histórico-filosófico para seleccionar y organizar saberes, detectando las siguientes problemáticas en el aprendizaje de la Química:

Tendencia a:

- Trasladar o mapear las propiedades del mundo macroscópico al mundo submicroscópico de átomos y moléculas (Taber y García-Franco, 2010; Talanquer, 2006, 2009b). Por ejemplo: los estudiantes piensan que los átomos en un pedazo de cobre poseen el mismo color, brillo y maleabilidad que este metal, y que se expandirán cuando la pieza de metal se caliente. Esta forma de pensar contrasta con la del pensamiento químico moderno, en el que se asume que un gran número de las propiedades de las sustancias «emergen» de la interacción dinámica entre los millones de partículas que constituyen el sistema (Luisi, 2002). Esto es, se reconoce la posibilidad de que el todo sea diferente de las partes y que haya propiedades que emergen a través de la formación de estructuras más complejas. (Talanquer, 2014, p.6)
- «Sustancializar» propiedades de cuerpos y procesos, como el calor, la energía y el color, o a conceptualizar compuestos químicos como sistemas mixtos, cuyas propiedades resultan del promedio ponderado de las propiedades de sus componentes. (Como cita Taber y García-Franco, 2010; Talanquer, 2006, 2008 en Talanquer, 2014, p.6)
- Construir explicaciones teleológicas alternativas ante la dificultad de generar explicaciones mecánicas causales, en las que propiedades y procesos se describen como el resultado de deseos, intenciones o necesidades intrínsecas de átomos y moléculas (Talanquer, 2006, 2010). Por ejemplo, uno de los casos más estudiados describe la inclinación de los alumnos a explicar la reactividad de los átomos con base en su deseo de satisfacer la «regla del octeto» con el fin de estabilizarse (Como cita Taber, 2002 en Talanquer, 2014, p.7).

- La multiplicidad en el uso de modelos en Química representa un reto para su enseñanza y aprendizaje. La investigación en el área sugiere que la mayoría de los estudiantes tienen dificultades para comprender el alcance o ámbito de aplicación de cada modelo, o para distinguir uno de otro (Justi y Gilbert, 2002). (Citado por Talanquer, 2014, p.8) Usar modelos para generar explicaciones y hacer predicciones, es una práctica de significativa importancia en el aprendizaje de las ciencias en general (Erduran y Duschl, 2004; Justi y Gilbert, 2002). Es posible reconocer dos tipos de actividades características de las ciencias que se trasladan también al ámbito de la Química y son aspectos relevantes para su enseñanza y aprendizaje: a) Un mismo sistema puede representarse por diferentes modelos que describen su estructura y propiedades a diferentes escalas espaciales (del nivel submicroscópico al nivel macroscópico); b) Un mismo sistema puede representarse por diferentes modelos que describen, resaltan o conceptualizan diversos aspectos de su estructura o comportamiento a cierta escala. Como ejemplo del primer caso podemos considerar los modelos termodinámico (basados en entalpías) y molecular (basado en energías de enlace) para predecir calores de reacción. Típicos ejemplos del segundo caso son constituidos por múltiples modelos de ácidos y bases a nivel molecular (Arrhenius, Brønsted-Lowry, Lewis) o del enlace covalente a nivel electrónico (Lewis, enlace de valencia, orbitales moleculares).

A partir de las observaciones realizadas desde la propia experiencia, en distintos cursos de Química, tanto en la formación de formadores como en carreras de ingeniería, se han visto manifiestas las tendencias estudiadas por Talanquer (2014). Sin embargo, nuestra propuesta consiste en intentar establecer una instancia para indagar acerca de una cuestión particular, alrededor de la cual se desarrolla nuestra investigación:

¿Cómo es posible que un abordaje conceptual disgregado, potencie la presencia de obstáculos tanto para el campo conceptual de la Química, como en los procesos de enseñanza y aprendizaje, en lugar de favorecer procesos de construcción de significados?

Al pretender arrojar luz sobre el planteo anterior, se detecta otro grupo de dificultades, relacionadas con la lógica de circulación de los discursos alrededor de los conceptos y modelos en Química, ya que existe una tendencia a no tener en cuenta la naturaleza ni la relación entre conceptos. (Sánchez, 2009).

Reconociendo ciertas limitaciones causadas por la descontextualización de la actividad científica y el desconocimiento de los modelos históricos que en el ámbito de la Química hacen referencia a la historia que data del desarrollo de modelos, se considera relevante la vinculación de la historia y la epistemología de las ciencias con la enseñanza de la misma.

Por ello, llevar a cabo la clarificación de la naturaleza histórico- epistemológica de conceptos y modelos en Química, propicia el abordaje de problemas de orden didáctico.

En su conferencia “Filosofía de la Ciencia, Historia y Enseñanza”, Pablo Lorenzano (2013), cuestiona, en relación a lo expuesto, en qué medida la Historia y la Filosofía de la ciencia pueden contribuir a la enseñanza de las ciencias. El autor analiza dos aspectos:

- Una teorización filosófica sobre la ciencia puede contribuir a nuestro conocimiento (en cuanto a comprensión y aprendizaje) sobre la naturaleza filosófica de la ciencia.
- El estudio de la historia de la ciencia puede contribuir a nuestro conocimiento sobre la naturaleza en particular de la ciencia en cuestión.

Es decir, la filosofía y la historia de la ciencia aportan a la enseñanza sobre y de la ciencia, al presentar explicaciones específicas, acerca de ella. Este proceso puede suponer el análisis de teorías, lo que implicaría una reconstrucción conceptual; el reordenamiento de sistemas conceptuales, identificando conceptos, leyes, relaciones entre modelos y relaciones entre teorías, entre otros.

En cuanto al desarrollo de estas cuestiones en las actividades afines a la educación, los procesos de análisis, estudio y aplicación estratégica inherente a los aspectos históricos y filosóficos, pueden ser llevados a cabo por los docentes. Reconociendo que esto no sucede así, podría proponerse como estrategia para sistematizar los procesos de reconstrucción conceptual y reordenamiento de sistemas conceptuales, que esta actividad formara parte de la creación de diseños curriculares tanto de niveles de educación medios, terciarios y universitarios.

Siguiendo los aportes de Adúriz-Bravo (2001), y en función de los propósitos que guían nuestra investigación, trabajaremos con la perspectiva que considera la ciencia como un

conocimiento basado en modelos. Para ello, diremos que la ciencia, como actividad cognitiva científica utiliza representaciones abstractas para comprender y transformar la realidad.

Comprendiendo a la ciencia como un conocimiento estructurado, consideraremos, en apoyo de las ideas de Adúriz-Bravo (2008), que los distintos modelos que comparten un ámbito de aplicación están a menudo vinculados por una relación de parecido de familia. Esto es, hay conceptos compartidos por varios modelos, dentro de un sistema, con sus respectivas hipótesis de aplicabilidad. Esto conformaría una teoría científica, la cual está constituida a su vez, por un núcleo y un campo semántico. Por su parte, el núcleo implica una caracterización lingüística de los modelos y sus conexiones. Cuando el campo semántico está determinado por las aplicaciones de los distintos modelos a la realidad, da lugar a transformaciones conceptuales, discursivas y materiales.

Es decir, las teorías son familias de modelos aplicados a la realidad para estructurarla conceptualmente y se caracterizan a través de enunciados que definen, agrupan y conectan modelos.

Adúriz-Bravo, (2008) expresa:

Si la teoría es una familia de entidades no lingüísticas, lo esencial en ella es la relevancia semántica que tiene para conectar la realidad. Y en tanto que los modelos que forman parte de la teoría están caracterizados lingüísticamente, la teoría funciona como un poderoso “organizador conceptual” del mundo de fenómenos. En coherencia con esta concepción epistemológica de naturaleza semántica, considero que los modelos didácticos constituyen las unidades estructurales fundamentales del aparato teórico de la Didáctica de las Ciencias. (Espinet, 1999, p.17; Citado en Adúriz-Bravo, 2008, p.20,21)

## **CAPÍTULO II:**

### **Justificación y Fundamentación del problema a investigar.**

---

En los planes de estudio pertenecientes a materias de ciclo básico de carreras de grado universitarias y al trayecto de formación específica en caso de las carreras no universitarias<sup>1</sup>, la Química ocupa un lugar relevante. Sin embargo, es reconocido el alto grado de dificultad que los estudiantes presentan en su proceso de aprendizaje, asumiendo importantes inconvenientes didácticos pedagógicos para con la Química en general.

Aprender Química no resulta sencillo, tal como lo muestran diversas investigaciones educativas y nuestra experiencia como profesores, pues implica trabajar en un plano fenomenológico, observacional y descriptivo que ha de ser explicado mediante la utilización de representaciones sobre entidades no visibles. (Leite, 2009, p.21)

Otros autores, como Pozo y Gómez Crespo (1998) analizan la necesidad de la utilización de un lenguaje basado en símbolos, junto a modelos de representaciones analógicos, para comprender conceptos nuevos, caracterizados por una marcada abstracción que dificulta la interrelación entre los fenómenos y los conceptos. (p.17)

A partir del estudio de posibles dificultades en el aprendizaje de la Química, Leites (2009, p.18) identifica, entre otras:

- Escasas investigaciones acerca de las funcionalidades pedagógicas de las imágenes científicas utilizadas en el espacio específico.
- Presencia de la persistencia conceptual a pesar de la formación académica.

---

<sup>1</sup>Se trabajará con carreras universitarias y no universitarias, como se especifica en el marco metodológico.

- Desarrollo de una imagen ahistórica de las ciencias.
- Imagen de la ciencia sin problemas solo soluciones.

Al profundizar en cada uno de estos aspectos, resurge un posicionamiento dominante caracterizado por presentar rasgos de un enfoque enmarcado en el positivismo lógico. Como lo expresa Chamizo (2006, pp. 476-482), pone el énfasis en los hechos comprobados experimentalmente, negando el papel de lo histórico y sus aspectos sociales, lo que construye una visión de la ciencia y de la historia de la ciencia como una secuencia lineal de descubrimientos exitosos.

Según Solbes y Vilches (1991) los libros de texto yuxtaponen modelos químicos y concepciones, produciendo un tratamiento didáctico incorrecto que dificulta la comprensión y desarrollo de actitud crítica. (pp. 53-58)

Como lo expresara Solbes (1987) en su investigación, muchos autores (Ausubel, 1978; Hodson, 1985; Giordan, 1981; Yager y Penich, 1983) han sostenido las siguientes posturas:

1) La enseñanza de las ciencias ha venido proporcionando una imagen incorrecta de lo que es el trabajo científico debido a:

- El peso del inductivismo (los conocimientos científicos se forman por inducción a partir de los datos puros).
- El peso del formalismo<sup>2</sup> (desarrollo del aparato matemático olvidando aspectos fundamentales como el planteamiento de problemas, la emisión de hipótesis, etc.).
- La imagen lineal y acumulativa del desarrollo científico, evitando evidenciar la existencia de rupturas conceptuales con las ideas aceptadas durante generaciones de científicos, que se traducen en la aparición de nuevos Paradigmas. (Como se cita en Toulmin, 1977, p.189)

Es decir, según el último punto, se aborda la enseñanza de las ciencias, y específicamente el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Química, desde una perspectiva puramente lineal y desestructurada, como lo indica el último punto, donde simplemente se yuxtaponen (o incluso se mezclan) concepciones clásicas (modelos atómicos de Thomson, Rutherford), la antigua teoría de los cuantos (modelos de Bohr, Sommerfeld), y la cuántica (Schrodinger, Heisenberg).

<sup>2</sup> Refiriéndose al uso de la lógica de primer orden.

2) El proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias ha constado de grandes errores conceptuales mezclados con ideas correctas. Nos referimos más explícitamente a:

- La introducción directa o explícita de errores, por interpretaciones incorrectas que en parte coinciden con las que se cometieron en la génesis de la Física moderna y en desacuerdo con las concepciones actualmente vigentes (Warren 1976), como ejemplo dentro de la enseñanza de las Ciencias.
- La introducción implícita de errores por falta de un tratamiento clarificador que muestre cómo las ideas introducidas, entran en conflicto con las clásicas y con la estructura conceptual de los estudiantes, imposibilitando la posibilidad de cambio representacional. (Pozo, 2007; Solbes, 1987, p.190)

Varios antecedentes (Scerri y McIntyre, 1997; Roth, Pozzer-Ardenghi y Han, 2005) reconocen dos fuentes importantes de errores. La primera, recurrir a conceptos clásicos para explicar conceptos cuánticos, dando como «real» la imagen clásica. La segunda, no desconectada de la primera, se debe a la confusión implicada por la dualidad onda-corpúsculo.

Pero esta, es solo una dimensión de la problemática planteada, ya que surgen interesantes cuestionamientos referidos a diversos aspectos intrínsecos de la Química, que reflexionan sobre sus bases fundantes. Según lo enunciara Lombardi y Labarca (2007): “Como ha sido demostrado (...) la reflexión filosófica acerca de la naturaleza del campo de estudio facilita el aprendizaje conceptual de la Química por parte de los alumnos”. (p.187)

Sin embargo, la filosofía de la Química muestra un importante retraso, analizado por distintos autores, como Labarca (2005), que proponen 3 razones fundamentales:

- Adopción de un realismo ingenuo de corte externalista.
- Supuesto de que la Química puede ser reducida a la física fundamental (consideración fenomenológica).
- Percepción social de la Química.

En relación a la primera razón, Bachelard (1978) hace un aporte sustancial, expresando que:

Este realismo, corresponde a descripciones no atomísticas, ligadas a las cualidades inmediatas que ofrece el fenómeno y que generan explicaciones intuitivas ligadas a la experiencia sensible y que nos hacen suponer que lo inobservable existe y se legitima en la existencia de teorías verdaderas. (Muñoz y Nardi, 2015, p.4)

Se abre así, una nueva rama de indagación mediante la cual se problematiza sobre la autonomía e identidad de la Química, analizando la tendencia al reduccionismo ontológico y epistemológico hacia la Física, aspecto que se indagará en la primera cuestión del desarrollo teórico.

Labarca y Lombardi (2005) y Lombardi (2013), defienden la autonomía de la Química desde una posición anti-reduccionista. Los autores analizan tres tipos de argumentos: formales, históricos y pragmáticos que dan sustento al Pluralismo Ontológico, partiendo de la base fundamentada que supone al reduccionismo ontológico como una tesis metafísica en un sentido kantiano: más allá de cualquier posible prueba.

El argumento formal hace hincapié en la tendencia del reduccionismo ontológico hacia la recurrencia de utilizar relaciones interteóricas para apoyar su tesis. Por ende, la reducción ontológica no es una consecuencia de las expresiones formales, sino que es una tesis añadida a las relaciones interteóricas tradicionalmente interpretadas como identidades lógicas. (Labarca y Lombardi, 2010, p.2)

En cuanto al argumento pragmático, los autores citan a Hacking (1983) quien afirma que: "Hemos dado demasiada atención a la representación, olvidando la práctica efectiva de la ciencia: es en este contexto pragmático donde reside el criterio para la existencia de entidades científicas que se ha buscado". (Labarca y Lombardi, 2010, p.4)

Sin embargo, también se desarrolla un argumento a favor del reduccionismo ontológico basado en la evidencia histórica. Esta demuestra a través de muchos ejemplos, relaciones interteóricas que han sido interpretadas desde una perspectiva ontológicamente reduccionista.

Labarca y Lombardi (2010) expresan:

Vamos a considerar los casos históricos en los que la teoría "fundamental" es reemplazada por una nueva, pero la teoría supuestamente reducida permanece relativamente inmune al cambio en el dominio subyacente. (p.2)

En los antecedentes se desarrollan varios ejemplos vinculados, con el propósito de demostrar que no hay razón para esperar que relaciones interteóricas significativas sean abandonadas en el futuro debido a la insuficiencia de la teoría supuestamente fundamental. En palabras de Van Brakel (2000):

Si la mecánica cuántica resultara equivocada, esto no afectaría todo (o incluso ningún) conocimiento químico acerca de las moléculas (unión, estructura, valencia, etc.). Si la química molecular resultara equivocada, esto no descalificaría todo (o incluso ningún) conocimiento acerca, digamos, del agua. (p.177)

Para dar luz a diferentes aspectos, ya sean epistemológicos, ontológicos o didácticos de la Química, es necesario indagar la autonomía de la Química. En función a lo expresado hasta el momento, se propone abordar dicha discusión desde la perspectiva del Pluralismo Ontológico. Su tesis sostiene la coexistencia de concepciones del mundo cuyas ontologías sean distintas, e igualmente resulten adecuadas en ciertos contextos. (Lombardi y Pérez Ransanz, 2011)

A partir de estas consideraciones, emergen nuevos nexos citados anteriormente, denominados por los autores "relaciones interteóricas" como elementos que permiten vincular las teorías científicas mediante la categoría ontológica. En palabras de Lombardi y Pérez Ransanz (2011), para cuestionar sobre las entidades que existen en el mundo, deberá especificarse el esquema conceptual desde el que se plantea.

Los objetos dependen de los esquemas conceptuales en un sentido fuerte, que incluye existencia. Esto significa que los esquemas conceptuales no son meros intermediarios

entre sujetos y objetos, sino que juegan un papel esencial en la constitución de los objetos. (Pérez Ransanz, 1999, p.209)

Es posible inferir entonces, que cada teoría científica está vinculada a un esquema conceptual, que puede ser compartido total o parcialmente con otras teorías. A su vez, “estas teorías científicas consistirían en familias de modelos siendo cada uno de estos modelos, un mapa cognitivo individualizado, que representaría un tipo de situación posible.” (Como cita Zamora Bonilla, 2000, p.5)

Entendiendo que no existen modelos científicos que repliquen la realidad exactamente, analizaremos desde el aporte de Giere (1992), que cada modelo o familia de modelos puede llevar asociada una hipótesis de aplicabilidad. Esto afirmaría que aquel mapa cognitivo es más o menos semejante a algún sistema o tipo de sistema existente en la realidad. (Zamora Bonilla, 2000)

En este marco de ideas surgen ciertos interrogantes:

- ¿Cómo se transforma la Teoría Científica de la Estructura Atómica en una Teoría Científica Escolar, y cuáles son los obstáculos epistemológicos asociados a ella?
- ¿Cuáles son los fenómenos empíricos de los cuales pretende dar cuenta la Teoría de la Estructura Atómica en el contexto de la Ciencia Escolar?
- ¿Cuáles son los procesos cognitivos puestos en juego por los estudiantes durante el proceso de modelización al intentar interpretar ciertos fenómenos empíricos en el marco de un conjunto de modelos teóricos estructurantes?

Este estudio pone en diálogo dos enfoques según su naturaleza y propósito. En primer lugar, comparte el enfoque de corte epistemológico de tercer orden con López Rupérez, ya que es la propia epistemología la que se convierte en objeto de crítica y de reflexión. Es decir, la epistemología como producto de una reflexión sobre la ciencia, sobre los fundamentos, sus métodos y su modo de desarrollo, se dispone al análisis. En segundo lugar, se indaga en aspectos vinculados al enfoque constructivista del proceso de enseñanza y aprendizaje, específicamente en el campo de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

---

Se aborda desde Bachelard (1978), el concepto de obstáculo epistemológico desde el desarrollo histórico del pensamiento científico y la práctica educativa.

---

**El presente trabajo tiene como Objetivo General:**

Indagar el campo histórico y epistemológico de la Química, desde la Filosofía de la Química y la concepción semántica, en particular sobre la estructura atómica, identificando posibles obstáculos epistemológicos que puedan influenciar en el proceso de modelización, desde la perspectiva de la Ciencia Escolar tanto en la formación docente como en carreras de ingeniería, ambos en niveles universitario y no universitario.

**Objetivos Específicos:**

- Elaborar herramientas de análisis, mediante la construcción de situaciones relevantes a modo de actividades, en las cuales se produzcan episodios que den lugar a hechos ejemplares propiciando el desarrollo de procesos de modelización.
- Identificar el conjunto de posibles modelos teóricos escolares asociados a la teoría de la estructura atómica, analizar cómo se establecen las relaciones entre fenómenos e interpretaciones y cuáles son los obstáculos epistemológicos asociados a ellos en el proceso de enseñanza y aprendizaje.
- Analizar procesos de modelización llevados a cabo por estudiantes, identificando conceptos estructurantes y hechos significativos, mediante el estudio de capacidades cognitivas vinculadas con la argumentación y la posibilidad de generar preguntas genuinas.

### **CAPITULO III:**

#### **Sustento teórico**

---

#### **Cuestiones estructurales para el abordaje teórico:**

#### **C1: ¿Por qué y cómo superar la posición reduccionista de la Química hacia la Física como problemática epistemológica?**

Uno de los aspectos fundamentales para poner en diálogo las perspectivas filosóficas y didácticas de la Química, es desnaturalizar todos los elementos e interpretaciones que otorguen identidad a la ciencia como tal.

Emerge en este debate, la discusión referida a la tendencia reduccionista de la Química hacia la Física, no solamente por las consecuencias que esto pudiera significar, sino por las concepciones y supuesto implícito.

Para indagar sobre este interrogante comenzaremos por comprender las “relaciones químicas” a la luz del pensamiento de Schummer (1997): “Como una ciencia de las relaciones peculiares”. (Como se cita en Bernal y Daza, 2010, p.1)

Por su parte Bernal y Daza (2010) argumentan que la Química se caracteriza por estudiar fenómenos que implican interacciones selectivas y transformaciones de las sustancias. Por lo tanto, la búsqueda de conocimiento de estas entidades relacionadas selectivamente favorece una ontología de las relaciones internas que impregnan esquemas lingüísticos y clasificaciones fundamentales para la Química.

Desde esta perspectiva de análisis, podríamos deconstruir la definición tradicionalista de la Química, que en general se reduce a comprenderla como la ciencia de los materiales y sus posibles cambios, ligada a ontologías atomistas, para analizarla a la luz de esta nueva imagen ontológica que invita a pensar un acuerdo interno basado en las relaciones que se

establecen entre las sustancias sometidas a cambios radicales. Es decir, interpretando que las propiedades en la Química son relacionales.

En su producción “On the Epistemological and Ontological Status of Chemical Relations”, los autores ofrecen argumentos interesantes que explican la complejidad de las relaciones químicas, basada en la dinámica asimétrica de las mismas.

Al analizar las leyes físicas, se aprecia cómo emergen relaciones binarias simétricas entre entidades atómicas, ya que los comportamientos en el marco de los modelos teóricos hacen alusión a interacciones no selectivas. Por ejemplo: la interacción entre cargas, estudiadas a la luz de las teorías de Newton y Coulomb.

Hacer referencia a la dinámica asimétrica correspondiente al campo conceptual de la Química, implica desnaturalizar de qué manera las sustancias químicas varían su comportamiento antes y después de un cambio químico, abordando un proceso de diferenciación crítica entre conceptos que la bibliografía históricamente ha considerado como sinónimos. Este análisis se desarrolla en el marco de dos características fundamentales de la Química: selectividad y especificidad.

Podemos encontrar importantes antecedentes que sustentan estas premisas. En primer lugar, citaremos el trabajo de investigación de López Lage e Izquierdo-Aymerich (2004), en el que, entre otras problemáticas, se discute e intenta desnaturalizar los conceptos: *elemento*, *sustancia simple* y *átomo*.

En este trabajo de investigación, las autoras realizan un rastreo, entre otros, de las percepciones conceptuales en profesores de ciencias. Se plantean las premisas emergentes a partir de las encuestas y entrevistas del tipo:

***“Un elemento es una sustancia simple”***

A partir de esta premisa, y la consideración de las implicancias de las definiciones más comunes en libros de texto inclusive, que expresan: “Un elemento es una sustancia simple que no puede descomponerse en otras más sencillas”. (López Lage e Izquierdo-Aymerich, 2004, p.250)

En segundo lugar, se plantea un nuevo interrogante: ¿Cuántos átomos se necesitan para identificar un elemento?

Para dar respuestas críticas a estas cuestiones, se reconoce la necesidad de diferenciar el significado del Átomo Químico (Md) y del Átomo Cuántico (Ma), definidos por Izquierdo-Aymerich (2003).

El hecho de comprender tal diferencia, y explícitamente el significado de Md, permite explicar de manera razonable, aunque superficialmente, los cambios químicos, asociándolos al modelo mecanicistas de la materia. Por otro lado, sabemos que la magnitud fundamental de la Química, es decir, la cantidad de sustancia, el mol, está directamente relacionado con estos Md. Lo que implica que el número “n” es proporcional al número de entidades elementales de la sustancia (suponiendo que el número de Avogadro es constante).

En el desarrollo de dicha tesis, se plantea una analogía que permite algunas inferencias de valor. Se consideran las siguientes relaciones:

- 1) Elemento como especie biológica
- 2) Átomo como individuo
- 3) Sustancia Simple como población

A partir de este planteo, López Lage e Izquierdo-Aymerich (2004) infieren: “Como un individuo no es una especie, un átomo tampoco es un elemento, pero un individuo si es representante de la especie, igual que un átomo es representante de un elemento” (p.244).

Podemos concluir de esta analogía:

Un átomo correspondiente a un elemento contiene la información básica que define a ese elemento: el número de protones en su núcleo, por tanto, lo representa. Sin embargo, se está ignorando la variabilidad isotópica de un elemento (así como se ignora la variabilidad de una especie cuando se elige un solo individuo como representante).

De manera similar, se propone pensar: “Así como una especie puede tener diferentes “poblaciones”, un elemento puede presentarse bajo distintas formas alotrópicas” (López Lage e Izquierdo-Aymerich, 2004, p.410)

Según Ben-Zvi, (1986), las propiedades termodinámicas pertenecen a las sustancias simples, no al elemento en sí, y, por lo tanto, pueden variar para los distintos alótropos. Según las autoras, un ejemplo de este comportamiento se puede apreciar en el caso del Punto de Fusión del grafito, tan disímil al PF del diamante. Como se cita en López Lage e Izquierdo- Aymerich, 2004, p.410)

Es interesante analizar la definición básica que presentan la mayoría de los libros de texto, sobre alotropía: “Un alótropo es una de dos o más formas diferentes de un elemento” (Chang, 2010, p.55)

Esta mirada reduccionista del fenómeno alotrópico puede favorecer una concepción lineal de los comportamientos químicos, que implícitamente da existencia estática a las entidades, reduciendo complejos comportamientos relacionales, dignos de deconstruir y analizar, a simples definiciones sistemáticas y descontextualizadas.

En función de los argumentos anteriores, se puede concluir que:

Los conceptos “átomo”, “sustancia simple”, “elemento” considerados análogos tanto en libros de texto de nivel medio y superior, como en las representaciones de muchos profesores de ciencia, (López Lage e Izquierdo-Aymerich, 2004) en realidad deben ser comprendidos como entidades significativas que cobran existencia “*en relación*”.

Podemos otorgarle fuerza a este planteo, citando un importante antecedente basado en el “Modelo de Cambio Químico” (Izquierdo-Aymerich, Sanmarti y Estaña, 2007). Esta propuesta enfatiza la importancia de enseñar una “Química viva” a la luz de un modelo particular: El cambio químico. Es decir, cada entidad que conforma a la ciencia en cuestión, “existe” en un contexto de interacción: la reacción química.

De acuerdo a Pairó e Izquierdo-Aymerich (2000), cuando se debe enseñar un hecho o concepto nuevo que requiere un nuevo modelo, como el cambio químico, es difícil llegar a captar la similitud entre él y otros fenómenos que ya han sido interpretados implícitamente con anterioridad mediante otros modelos. Por ejemplo, por el modelo “cambio de estado” o considerándolo un fenómeno “natural” o sin relacionarlo con nada que conozca previamente.

Por su parte, Moraga Toledo (2013) expresa:

La construcción de los modelos teóricos requiere dar sentido a los hechos que se observan construyendo relaciones y explicaciones cada vez más complejas (Justi et al. 2002) de las situaciones experimentales (contextualizadas) que se plantean al alumnado; y han de permitir razonar a partir de las mismas (p.24).

Al respecto, Izquierdo-Aymerich (2004) propone que, para construir modelos, es necesario recurrir a estrategias centradas en aplicar determinadas reglas que acompañen la actividad de “Hacer Química”, incorporándolas paulatinamente en la actividad del estudiante. Esto debe hacerse de tal manera, que los marcos teóricos sean simples al inicio del proceso de enseñanza y aprendizaje, para luego complejizarlos a medida que se conocen más hechos para indagar en posibles explicaciones, favoreciendo así la construcción de sus propios modelos de cambio químico.

Realizaremos un análisis de las implicancias de cada una de las reglas propuestas por Moraga Toledo (2013)

Reglas Fundamentales que guían la Actividad Química	
1	Diferenciar “objeto” y “material”. La Química se ocupa de los materiales, no de los objetos. Debemos ir conociendo los materiales que nos rodean.
2	Aceptar que en un cambio químico se produce una interacción que tiene como consecuencia que unas sustancias (simples o compuestas) desaparecen y aparecen otras sustancias (simples o compuestas). Todas ellas forman un sistema y lo interesante es ver cómo se relacionan todas ellas entre sí. Debemos ir conociendo “Sistemas Químicos” que están en nuestro entorno.
3	Para saber qué cambio se ha producido, debemos conocer sustancias simples y compuestas, cuantas más mejor.
4	Los fenómenos naturales no son magia. Por ello, la masa se conserva. Nos preguntamos qué parte material de las sustancias se conserva. La respuesta es que se conservan los elementos, es decir, sus átomos. Deberemos aprender a tenerlos en cuenta, a los elementos y a los átomos.
5	¿Cómo sabemos cuáles son estos átomos, que son invisibles? Son los que forman las sustancias simples y se les da un símbolo cuando se escribe sobre ellos. Sus nombres, símbolos y características los encontramos en la Tabla Periódica. Ya conocemos bastantes sustancias simples y sus átomos, pero debemos conocer más.
6	Comprender que los átomos que forman unas sustancias están siempre unidos unos a otros de maneras diferentes, dando origen a distintos tipos de materiales (orgánicos e inorgánicos).
7	Los átomos que forman las sustancias están siempre unidos unos a otros de maneras diferentes que deberemos ir conociendo.
8	Las sustancias (simples y compuestas) interaccionan en proporciones de masa fija cuando se produce un cambio químico, que es una interacción fuerte.

**Tabla 1:** Reglas fundamentales que guían la Actividad Química. Recuperada de Moraga Toledo, 2013, p.15

Si analizamos cada una de las reglas, se aprecia que los planteos se centran en “comprender el cambio químico como un fenómeno en relación”. ¿Qué implicancias tiene esta consideración en nuestro estudio?

Según Ronald Giere (2004), los modelos en ciencias avanzadas deben ser objetos abstractos contruidos en conformidad con los principios generales adecuados y condiciones específicas.

La base de esta premisa tiene un fuerte fundamento filosófico centrado en comprender que las representaciones científicas se basan en relaciones entre entidades lingüísticas y el mundo, aspecto que se desarrollará en la próxima sección de esta tesis.

Como lo expresa Ariza (2016) varios autores han señalado el “surgimiento” de una didáctica de las ciencias que se apoya fuertemente en el constructo semántico de “modelo teórico” (p.e., Adúriz-Bravo 2009, 2013, Adúriz-Bravo, Ariza & Couló 2011, Chamizo 2010, 2013, Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo 2003, Develaki 2007, Oh & Oh 2011, Passmore, Gouvea y Giere 2014) proveniente de los escritos de la llamada *visión basada en modelos, modelística, modeloteórica o semanticista* (p.e., Balzer, Díez, Giere, Moulines, Lorenzano, Sneed, Stegmüller, Suppe, Suppes, van Fraassen, etc.)

En sintonía con esta concepción semántica de las teorías científicas, Giere (2004) expresa que los científicos utilizan modelos para representar aspectos del mundo para fines específicos. Dejando de lado los términos “teoría y ley”, distingue los términos: “principio, condiciones específicas, modelos, hipótesis y generalizaciones”.

El autor afirma que el tipo de modelo que uno utiliza para representar un fenómeno de la vida real depende del tipo de problema que enfrenta. Lo que implica varias cuestiones fundamentales, entre ellas, la desnaturalización de los conceptos aislados, para reconstruirlos otorgándoles significados en “relación”.

En el caso específico del “Modelo de Cambio Químico”, se ponen en juego nuevamente entidades como:

- Objetos y materiales
- Sustancias simples y sustancias compuestas
- Sistemas químicos
- Principio de conservación de masa y energía
- Sustancias, átomos y símbolos químicos.

Es interesante analizar la propuesta de resignificar y reconstruir significados comprendiendo a la Química como una ciencia necesariamente en interacción, donde cada ente “existe” en relación bajo un marco específico, en este caso referido al “cambio químico”.

## **C2: ¿Cuál es la relación entre la Epistemología y la Didáctica de las Ciencias dentro de esta tesis?**

El esfuerzo incesante por comprender la dinámica de las ciencias, en cuanto a su construcción, sociabilización y discusión, nos lleva a cuestionar los Modelos de Ciencia con los que se pretende trabajar.

Como lo expresa Adúriz-Bravo (2009): “Modelo de ciencia” (es) una construcción metacientífica que pretende explicar qué es la ciencia desde la selección de ciertos aspectos de análisis, a saber: gnoseológico, praxiológico, axiológico y retórico. (p.1)

En este sentido, se presenta un modelo de ciencia, entendido como una construcción científica de carácter metadiscursivo (esto es, de segundo orden), modelo-teórica à la Giere (1992), que pretende explicar qué es la ciencia desde cierta selección pragmática de perspectivas de meta-análisis elegidas por su capacidad de dar cuenta de la naturaleza de la ciencia. (Adúriz-Bravo, 2009, p.4)

### ***Pero a qué se hace mención cuando se habla de la Naturaleza de la Ciencia...***

La naturaleza de la Ciencia (*Nature of Science*) es una línea de investigación dentro de HPS (*History and Philosophy of science and scienceteaching*), es decir, los aportes de la epistemología y la historia de las ciencias a la Didáctica de las Ciencias.

En un trabajo de investigación basado en cuestionar justamente: *¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias?*, Adúriz-Bravo (2001) propone entender la naturaleza de la ciencia como un conjunto de contenidos metacientíficos con valor para la educación científica.

Entre los argumentos que respaldan esta afirmación, hallamos uno esencial para nuestro trabajo de investigación: esta forma de comprender la naturaleza de la ciencia separa estrictamente las diversas procedencias de las ideas a enseñar; estas vienen de la epistemología, la historia de la ciencia y la sociología de la ciencia principalmente, disciplinas entre las cuales una demarcación estricta es objeto de discusión incluso entre sus propios especialistas. (Adúriz-Bravo, 2008, p.3)

La naturaleza de la ciencia es un metaconocimiento sobre la ciencia, que proviene de los análisis interdisciplinarios hechos por especialistas en historia, filosofía y sociología de la ciencia, pero también por algunos científicos. Estas reflexiones son tan amplias y ricas en matices que es imposible pretender resumirlas en unas pocas líneas, pues la [naturaleza de la ciencia] presenta muchas caras. (Acevedo, 2005, p.123)

En este contexto, la epistemología es abordada como una reflexión metateórica capaz de contribuir a través de valiosos aportes a la enseñanza de las ciencias.

Como lo expresan varios autores (Camilloni, 1994, 1996; Adúriz-Bravo, 2000; Eder y Adúriz-Bravo, 2001; Perales et al., 2001; Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2005; Camilloni et al., 2007) la cuestión epistemológica, es decir, la pregunta acerca del estatus académico de una disciplina, la naturaleza del conocimiento y la práctica asociada a ella es común a la didáctica general y a las diferentes didácticas específicas.

Según se expresó anteriormente, lo que se pretende aquí es indagar el campo epistemológico de la Química para comprender aspectos vinculados al proceso de enseñanza y aprendizaje de la Estructura Atómica. Es por ello, que se predispone a poner en diálogo dos campos de estudio: la Epistemología y la Didáctica de la Química, como ciencia que forma parte estructurante de las Ciencias Naturales.

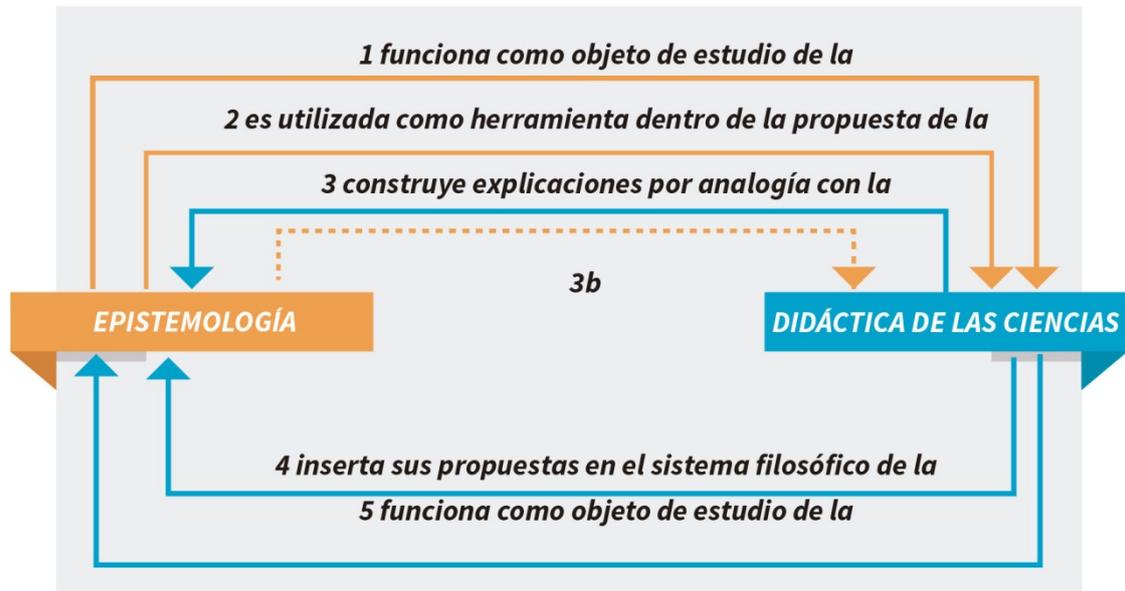
Podemos decir entonces, que la filosofía de las ciencias se convierte, en un tipo de metadisciplina que sirve de apoyo a la didáctica, en varios sentidos y es capaz de iluminar los procedimientos de enseñanza y las ideas sobre aprendizaje (como se cita en López Rupérez, 1990, p. 1).

Al analizar posibles conexiones entre la reflexión sobre la construcción de la ciencia, y la referida al aprendizaje de las ciencias, surge la necesidad de reconstrucción de la actividad intelectual del científico, lo que justifica la vertiente epistemológica del vínculo entre la didáctica y la filosofía de la ciencia.

Althusser (1974), expresa en su tesis: “La Filosofía es a las Ciencias Humanas en general, lo que la Epistemología es a la Didáctica de la Ciencia”. (p.13)

Situaremos el marco teórico en el contexto de la educación en ciencias, lo que implica no intentar reproducir el razonamiento científico sino generar razonamientos derivados de los propios valores del ámbito educativo, en el nivel que corresponda. (Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2005)

Pero: ¿Cómo relacionamos ciencia-didáctica y epistemología?



**Figura 1:** Sistema de relaciones discursivas entre la didáctica de las ciencias y la epistemología: 1. Relación material, 2. Relación instrumental, 3. Relación explicativa, 3.b. Relación explicativa inversa, 4. Relación retórica, 5. Relación metateórica (Adúriz-Bravo, 2001, p.60)

En esta figura se propone la variedad de relaciones entre la didáctica de las ciencias y la epistemología, analizando la posición que toma un discurso respecto de otro, desde el punto de vista de la epistemología.

A partir de las siete relaciones propuestas por el autor, se desarrollará brevemente el significado de las que encuentran un verdadero punto de intersección con nuestra investigación:

**Relación material:** en función de los objetivos propuestos en el presente estudio, esta relación encuentra fundamental importancia. “La relación material problematiza de qué

manera la didáctica de las ciencias resignifica los saberes de la epistemología, desde la periferia metaconceptual” (Adúriz-Bravo, 2001, p.52), y los analiza críticamente con el claro propósito de contribuir con los procesos de enseñanza y aprendizaje en el contexto de la educación científica.

**Relación Instrumental:** En palabras de Adúriz-Bravo (2001):” *se usa la epistemología como instrumento didáctico, por sus valores auxiliares intrínsecos, dentro del proceso de desarrollo curricular.*” (p.53)

Es decir, se aborda la didáctica de las ciencias desde la dimensión que posibilita intervención en la práctica, por medio de propuestas didácticas que tengan como objetivo mejorar la calidad de la enseñanza y superar obstáculos afines.

**Relación Explicativa:** Esta relación pone en diálogo la Epistemología y la Ciencia Escolar, analizando cómo diversos modelos y perspectivas teóricas aceptadas dentro de la epistemología han sido utilizados por los didactas de las ciencias como construcciones explicativas válidas (previa adaptación a la especificidad del campo). Como lo expresara Adúriz-Bravo (2001): “Se han utilizado constructos epistemológicos para caracterizar los modelos de ciencia implícitos o explícitos en profesores, estudiantes, científicos y público en general. Se da por supuesto que dichos modelos tienen una notable incidencia en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.” (p.54)

**Relación Metateórica:** Esta relación se ve reflejada en el eje vertebral de esta tesis. Con el propósito de desnaturalizar y repensar aspectos vinculados con la Teoría Atómica de la materia en el contexto de la Química, identificando obstáculos epistemológicos propios de la ciencia en cuestión (Cubillos, Poveda y Villaveces, 1989), se logran problematizar cuestiones afines a la didáctica de la ciencia para indagar sobre los procesos que llevan a cabo los estudiantes al momento de abordar procesos de aprendizaje, por medio de la modelización en términos de la propuesta de Ciencia Escolar. “La epistemología sirve a los didactas de las ciencias como un instrumento para ayudarles a pensar sobre la didáctica” (Aliberas, 1989; Adúriz-Bravo, 1998c; Estany e Izquierdo-Aymerich, 2001).

En este trabajo, se hace hincapié en una revisión histórico-epistemológica del pensamiento científico del campo específico de la Química, para situar y comprender procesos en contexto.

Bachelard (1987) hace un aporte interesante, proponiendo plantear el problema del conocimiento científico, en términos de obstáculos:

Es en el acto mismo de conocer, íntimamente, donde aparecen, por una especie de necesidad funcional, los entorpecimientos y las confusiones. El historiador de la ciencia debe tomar las ideas como hechos. El epistemólogo debe tomar los hechos como ideas, insertándolos en un sistema de pensamiento. Un hecho mal interpretado por una época sigue siendo un hecho para el historiador. Según el epistemólogo es un obstáculo, un contrapensamiento. (...) La noción de obstáculo epistemológico puede ser estudiada en el desarrollo histórico del pensamiento científico y en la práctica de la educación. (p.20)

Centraremos nuestro análisis en la práctica educativa, en cuanto y tanto, junto con el desarrollo histórico del pensamiento científico, son los ámbitos específicos, donde surgen aquellos 'entorpecimientos y confusiones' de los que habla Bachelard.

En apoyo de esta problemática emergente del propio proceso de enseñanza y aprendizaje de la Química, y la tendencia general de la escasa relación entre los químicos y la epistemología, Villaveces Cardoso (2000), concluye en su investigación: "Esto no fue sano para la Química, que se desarrolló espléndidamente como técnica, o como conjunto de subdisciplinas, pero mantiene problemas de fondo en su base." (p.24) *(El subrayado es nuestro)*

Poniendo en diálogo estos problemas de fondo, de los que da cuenta el autor, con el contexto de la Didáctica de la Química, podemos asumir, siguiendo a Izquierdo-Aymerich y Caamaño (2004) que una de las dificultades más frecuentes, se basan en la coexistencia, en un mismo individuo, de diferentes significados para un mismo concepto o palabra, que se activan según sea el contexto al que se aplica y que determinan su 'perfil conceptual'. El aprendizaje, desde este punto de vista, consiste en la expansión de las zonas que constituyen el perfil, a la vez que se toma conciencia de la multiplicidad de contextos, de significados y de la necesidad de establecer un diálogo entre todos ellos.

### **C3: ¿Cuáles son los aportes desde el Modelo Cognitivo de Ciencia de Ronald Giere?**

A lo largo de la historia, la manera de comprender “la ciencia”, es decir las visiones filosóficas asociadas a ella, han marcado una verdadera dinámica de cambios.

Investigadores como Adúriz-Bravo y Ariza (2012) analizan este recorrido histórico brevemente, reconociendo un avance en los últimos veinte años, tendiente a la aproximación de la Didáctica de las Ciencias a los discursos metacientíficos, considerando entre ellos, la epistemología en tanto como metaciencia por excelencia.

Tanto las corrientes no historicistas (Quine, Putnam, Hanson), como las historicistas-externalistas (Kuhn, Lákatos, Toulmin, Laudan, Feyerabend), obturaron la posibilidad de incluir antes, propuestas epistemológicas contemporáneas como la “Concepción Semántica de las Teorías Científicas”.

Esta nueva concepción plantea el crecimiento de la tendencia de una visión “representacional” de la ciencia (que supera la visión lingüística del positivismo lógico y la concepción heredada), ampliando e integrando visiones históricas como internalistas logrando contribuir al establecimiento de elementos teóricos de fuerte aplicación en la enseñanza de las ciencias. (Adúriz-Bravo y Ariza, 2012, p.5)

A la luz de la concepción semántica, una teoría científica no se identifica por los axiomas (leyes) que la componen, lo que respondería al enfoque sintáctico y la concepción del Círculo de Viena, sino por el conjunto de modelos que contiene. Es decir, identificar una teoría implica identificar una clase de estructuras: sus modelos.

Se consideran relevantes a los fines de nuestro estudio, tres aspectos resaltados por Adúriz-Bravo y Ariza (2012):

- 1) Parte de una teoría consiste en la identificación de los fenómenos de los que queremos dar cuenta, en este estudio, los vinculados con la Estructura Atómica.
- 2) La teoría define los modelos con la pretensión de representar adecuadamente los fenómenos. Existe relación sustantiva entre modelos y sistemas empíricos. En el

caso del estudio de la Estructura Atómica, se prestará especial atención al análisis de la “hipótesis de aplicabilidad”, nexos lógicos entre la familia de modelos de la teoría científica y el sistema real.

- 3) El componente más básico de la identidad de una teoría es una clase de modelos, por ello, deberá reconocerse, en esta tesis, la familia de modelos asociada a la Teoría de la Estructura Atómica, según las finalidades de nuestra tesis.

Cabe destacar, que, entre los protagonistas de los enfoques semanticistas, Ronald Giere aborda una concepción de las teorías científicas desde una perspectiva cognitivista, lo que las diferencia de los demás. También se puede resaltar un punto de partida común con los otros autores, referido a considerar el “núcleo duro” de una teoría como un conjunto de modelos (Moulines, 2011).

### ***¿Pero cómo entendemos los modelos?***

Se comparte una definición semántica de modelo científico, desde los aportes del Modelo Cognitivo de Ciencia de Ronald Giere (1992). Para este autor, un modelo es una representación mental (interna, abstracta y no lingüística) de la realidad. Esta representación, se conecta con la realidad a través de relaciones analógicas basadas en semejanzas o similitudes, denominadas “relaciones de similaridad”.

Como los otros protagonistas de las visiones semanticistas, el instrumento conceptual de la idealización o la aproximación, referido a la relación entre un modelo teórico y la realidad, tiene un papel fundamental para Giere. Como lo expresara Moulines (2011): “Si no estamos satisfechos con el grado de aproximación y/o de idealización constatado en la relación entre el sistema estudiado y el modelo propuesto, podemos cambiar de modelo, y construir otro tomando en cuenta algunos aspectos de aproximación más adecuados.” (p.132)

En esta conexión entre modelo y realidad, emerge el concepto de “Hipótesis de Aplicabilidad”, mencionado anteriormente.

Para Giere (1992):

Es una entidad lingüística por saber: un enunciado que afirma cierto tipo de relación entre el modelo y un sistema real dado (o una clase de sistema real). La Hipótesis de Aplicabilidad tiene la forma:

Tal y cual sistema real identificable es semejante al modelo designado en tales y cuales aspectos y grados. (pp.80, 81)

La interconexión entre el Modelo de Ciencia de Giere y los propósitos de esta tesis, se ven reflejados en las siguientes palabras de Adúriz-Bravo (2002):

Podemos caracterizar la educación científica por su objeto cognitivo de enseñar a los estudiantes a pensar por medio de teorías para dar sentido al mundo (Izquierdo-Aymerich, 2000a). En este contexto, una cuestión fundamental es investigar cómo son las teorías científicas escolares. El modelo cognitivo de ciencia dispone de las herramientas teóricas para responder a estas preguntas con cierta especificidad (p.425).

Estudiar una teoría científica en el campo de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, implica investigar cómo son las teorías científicas escolares. A la luz de la propuesta de Giere, una de las herramientas se centra en estudiar hasta qué punto un sistema real identificable es semejante a un modelo designado, analizando determinados aspectos y grados.

Teniendo en cuenta que el propio autor sugiere que “las teorías científicas son entidades irremediamente vagas y que sus condiciones de identidad no pueden fijarse con precisión” (Moulines, 2011, p.132), podremos comprender la expresión “aire de familia”. Esta hace referencia a determinadas semejanzas entre modelos, pero a su vez permite utilizar distintos modelos para representar de manera alternativa un único sistema, a partir de su interpretación constructiva de los modelos.

Estos últimos, encuentran razón de ser en un concepto fundamental esbozado por Giere (1992a, 1992b) centrado en la idea epistemológica de similaridad. Esta combina las relaciones clásicas de *correspondencia* y de *convención*, exploradas por la concepción heredada y por la nueva filosofía de la ciencia respectivamente. Es decir, la idea de similaridad entre los modelos

y el mundo presupone cierta conexión realista profunda entre uno y otros, pero a la vez admite una parte de arbitrariedad en el establecimiento de los sistemas que definen aquellos modelos.

En palabras de Adúriz-Bravo (2002):

El modelo cognitivo considera la ciencia como una actividad cuyo fin último es otorgar sentido al mundo e intervenir en él. En este proceso de creación de significados, los factores epistémicos, cognitivos, discursivos, materiales y sociales participan influenciándose mutuamente en forma sistémica. Las teorías son las entidades más importantes de la ciencia, ya que se perfilan como los instrumentos culturales que permiten explicar el mundo (Hacking, 1983; Giere, 1992; Duschl, 1997) (p.423)

El propio autor reconoce que el contexto en el que se generan las teorías científicas, y las características sociales del grupo que las produce, tiene profundas influencias en los objetivos de la ciencia y en la visión particular del mundo que ella provee. Entonces por qué no pensar en los impactos que pueden emerger en los procesos de enseñanza y aprendizaje asociados a ellas.

Adúriz-Bravo propone una serie de elementos pertenecientes a una red teórica altamente articulada a la que denomina “Ideas Epistemológicas Claves” (Adúriz-Bravo, 2001; 2005), intentando dar respuesta a la problemática de introducir contenidos epistemológicos en la educación científica. En nuestro estudio tomaremos su aporte con el objetivo de desarrollar un análisis desde la perspectiva modeloteórica, en la que la epistemología encuentra un rol específico como ciencia estructurante, como el mismo autor lo plantea.

El marco de las “Ideas epistemológicas claves” está conformado por cuatro elementos. Según Adúriz-Bravo, (2001):

- 1) *Aspectos de la Naturaleza de la Ciencia*: corresponde a las grandes miradas metateóricas epistemológicas, históricas y sociológicas.
- 2) *Campos Teóricos Estructurantes de la Naturaleza de las Ciencias*: son los “espacios de problemas” que dan actividad metateórica.

- 3) *Cuestiones metateóricas clásicas de la Naturaleza de la Ciencia*: preguntas específicas que pretenden responder las metaciencias. (Ej. Cuál es la relación entre realidad y predicción)
- 4) *Ideas Claves de la Naturaleza de la Ciencia*: respuestas a esas preguntas formuladas desde un modelo metateórico reconocible.

Nuestro trabajo se basa en las concepciones semanticistas o modeloteóricas, las que, como se mencionó proponen identificar una teoría según el conjunto de modelos asociados a ella.

Al respecto, Lorenzano (2003) afirma que:

- La determinación de los modelos se realiza mediante una serie de principios o leyes. Por tanto, las leyes se deben entender definiendo una clase de modelo. Esto no significa que una teoría sea una definición, sino que las leyes determinan qué entidades son las que se comportan de acuerdo con la teoría. Tal entidad es por definición un modelo de la teoría si y solo si cumple con tales o cuales principios.
- Una teoría no solo determina, a través de sus leyes, una clase de modelos. Una teoría define sus modelos, para dar cuenta de ciertos datos, fenómenos o experiencias. Parte de la identificación de la teoría consiste en la identificación de estos fenómenos empíricos de los que pretende dar cuenta.
- La teoría identifica los modelos con la pretensión de que representen adecuadamente estos fenómenos del sistema real, lo que implica que estos fenómenos concretos satisfagan las leyes de la teoría, que se comporten como las leyes dicen. (p.287)

Lorenzano (2003) explica que:

Esta pretensión se hace explícita mediante un acto lingüístico o proposicional, es decir, mediante una afirmación: la aserción empírica de la teoría. La aserción empírica afirma que entre los sistemas empíricos de los que queremos dar cuenta y los modelos determinados por las leyes, se da cierta relación (p.288).

Como se desarrollará en la cuarta cuestión del marco teórico, analizaremos el vínculo que encontramos entre esta premisa y la propuesta de Ciencia Escolar de Izquierdo-Aymerich (1999) para los fines explícitos de nuestra tesis.

Al analizar estas premisas a la luz de los aportes de Giere, es necesario mencionar una dificultad reconocida por el propio autor, vinculada con la identificación de las teorías.

Giere (1992), argumenta dicho conflicto explicando que los modelos que identifican uno u otra teoría no son definitivamente caracterizadores de dicha teoría, ya que no se sabe qué hipótesis teórica forma parte de ellas. “No hay condición necesaria y suficiente que determine qué modelos o qué hipótesis son parte de una teoría”. (Giere, 1992, p.110)

Por ende, los modelos que identificarían una teoría serían aquellos que guarden un parecido de familia, definido por las leyes de la teoría.

Cuando Giere indaga en la naturaleza de las teorías científicas, plantea una cuestión que retomaremos:

### ***¿Qué tipo de “mapas cognitivos” son las teorías científicas?***

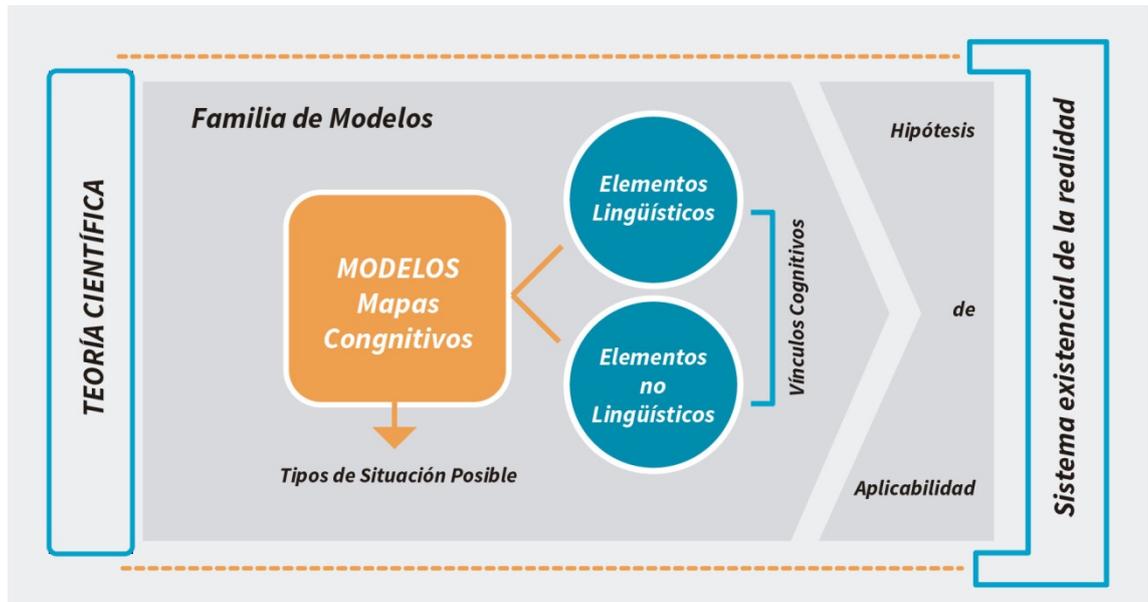
Los mapas cognitivos son entidades hipotéticas, postuladas por el cognitivismo, las cuales representan al entorno. Su manipulación permite solucionar problemas y pueden ser externalizados mediante diagramas, palabras u otros símbolos.

Desde esta perspectiva, las teorías científicas consistirían en familias de modelos (y familias de familias) siendo cada uno de estos modelos, un mapa cognitivo individualizado, que representaría un tipo de situación posible.

Estos modelos contienen, por lo general, elementos no lingüísticos (por ejemplo, visuales) y elementos lingüísticos (conceptos). Estos elementos están relacionados entre sí, dentro de una teoría, por ciertos vínculos cognitivos, de los cuales el más importante es el vínculo de semejanza respecto a un modelo típico de cada familia.

A su vez, cada modelo o familia de modelos puede llevar asociada una hipótesis de aplicabilidad, la que afirmarí que aquel “mapa cognitivo” es más o menos semejante a algún sistema o tipo de sistema existente en la realidad.

Para esclarecer estas relaciones, hemos confeccionado un diagrama:



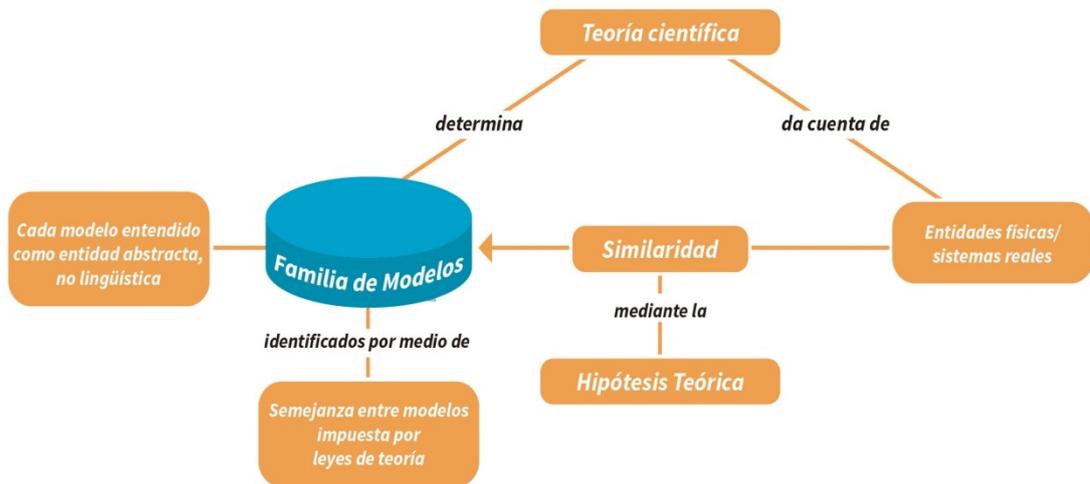
**Figura 2:** Teorías Científicas entendidas como Familia de Modelos

Al establecer dichas relaciones, Giere (1992), reconoce un conjunto de consecuencias:

- 1) De una misma teoría pueden existir múltiples versiones diferentes, dependiendo de los modelos típicos y criterios de semejanza que se consideren prioritarios. Es decir, posiblemente dependerá de la enseñanza recibida, los intereses de los investigadores, las aplicaciones previstas, el estilo cognitivo de cada científico.
- 2) Incluso una sola versión de una teoría es una entidad abierta, es decir siempre pueden modificarse sus modelos, añadirsele otros nuevos, cambiar las hipótesis de aplicabilidad, entre otros.
- 3) Las teorías no pueden axiomatizarse, salvo de forma trivial, ya que los axiomas serían las definiciones de cada modelo y los teoremas estarían referidos solo a uno o varios modelos, siendo aplicable solo a algunos sistemas reales.
- 4) Las teorías no se refieren a las leyes naturales, es decir, principios que se aplicarían de forma exacta a todo un dominio de sistema (o al universo) y que, en caso de existir, serían un correlato real de los axiomas de las teorías.

- 5) La interpretación realista de las teorías científicas supone que su finalidad es describir aproximadamente el verdadero funcionamiento de los sistemas reales existentes, los cuales en general son inobservables.

A continuación, presentaremos el esquema que representa el enfoque semanticista de Ronald Giere:



**Figura 3:** Enfoque semanticista de Ronald Giere (Ariza, 2014, p.40)

Giere (1999), en sus argumentos acerca de cómo se utilizan los modelos para representar la realidad, parte de la siguiente premisa:

*S utiliza x para representar W para los propósitos P*

“S” hace referencia a “científicos”, “grupos” o “comunidad científica”. Por ende, podríamos decir que los científicos usan “x” para representar algún aspecto del mundo (W), para fines específicos (P). ¿Pero cuáles son los valores de “x”?

“x” puede representar palabras, ecuaciones, diagramas, gráficos, fotografías, entre otros. Si consideráramos que “x” es una teoría científica, entonces podríamos afirmar que: “Los científicos generan modelos utilizando principios y condiciones específicas”.

Sin embargo, Giere (1999) aclara que no se deben considerar los principios como vehículos para hacer afirmaciones empíricas. Si entendemos los principios como declaraciones verdaderas, tendremos que encontrar “algo” que ellos describen: modelos. Estos objetos abstractos y sus estructuras se forman y construyen por medio de principios. La construcción de modelos puede ser una actividad muy compleja que con frecuencia incluye una variedad de aproximaciones y simplificaciones (...) Los modelos en ciencias avanzadas deben ser objetos abstractos construidos en conformidad con los principios generales adecuados y condiciones específicas. (Giere, 1999, pp.8,9)

Como uno de los grandes propósitos de esta investigación, es indagar la existencia de obstáculos en el proceso de construcción de significados en determinadas situaciones de aprendizaje, se tendrá en cuenta un aporte específico de Ronald Giere, al expresar que: “el tipo de modelo que uno utiliza para representar un fenómeno de la vida real depende del tipo de problema que enfrenta”. (Giere, 1999, p.15)

A la luz de lo expresado, no solo se indaga sobre la conformación estructural de las teorías científicas y su vínculo de similaridad con la realidad, sino también la naturaleza de las situaciones problemáticas que se construyen en los ámbitos de enseñanza y aprendizaje. De alguna manera, dichas situaciones demarcarán determinadas condiciones de trabajo y propiciarán o no el uso significativo de ciertos modelos como herramientas de representación de la ciencia y los fenómenos que se desarrollan.

“No es el modelo que está haciendo lo que representa, es el científico utilizando el modelo que está haciendo lo que representa”. (Giere, 1999, p.11)

Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo (1999), proponen la posibilidad de analizar la epistemología en función de valores vinculados con estudiantes, profesores e instituciones. Sus objetivos se centran en evitar la reproducción de razonamientos científicos, para generar razonamientos derivados de la escuela, relacionados con modelos y fenómenos que son relevantes para los alumnos y que contribuyen a su educación científica.

Una de las tesis de estos autores hace referencia a la Actividad Científica Escolar como transformadora del mundo del alumnado a partir de la presentación sustancial de las entidades científicas. “Solo si los estudiantes logran formularse auténticas preguntas podrán apropiarse de los modelos científicos, reconstruyéndolos y haciéndolos evolucionar”. (Izquierdo-Aymerich y Adúriz- Bravo, 1999, p.27)

---

***C4: ¿Cuáles son los aportes desde la Propuesta de Ciencia Escolar de Izquierdo-Aymerich?***

La propuesta de Ciencia Escolar (Izquierdo-Aymerich, 1999) problematiza y redescubre “la Ciencia en el Aula” desde un enfoque constructivista. En este contexto, el proceso de enseñanza y aprendizaje supone una complejidad intrínseca no solo en los componentes elementales de la triada pedagógica: estudiante-docente-conocimiento, sino también en las relaciones dialécticas entre ellos, tanto de manera general como en el contexto particular de la enseñanza de las Ciencias.

Por su parte, como lo especifica Izquierdo-Aymerich (1999), el proceso de enseñanza y aprendizaje debe potenciar capacidades de regular acciones por parte de los estudiantes, de modo que la metacognición y la autorregulación acompañen constantemente el trayecto formativo.

La aplicabilidad de los conocimientos escolares requiere que los alumnos sean capaces de regular sus propias acciones. Por ello, además de tener en cuenta las ideas de los alumnos y conceder importancia a los procesos de transposición didáctica, también se deberían impulsar los procesos de metacognición y autorregulación respecto de los procesos de construcción de los nuevos conocimientos. Para que ello sea posible la Ciencia Escolar debe ofrecer una metaciencia (adecuada al alumnado) y un foro de discusión científica que los alumnos consideren propio. (Izquierdo-Aymerich, 1999, p.81)

La propuesta de Izquierdo-Aymerich (2004), invita a pensar una concepción de ciencia en acción, es decir, la interpreta como una construcción que implica una intervención activa y consciente sobre el mundo para transformarlo con una determinada finalidad.

Para ello, Izquierdo-Aymerich y Espinet (1999) plantean un modelo didáctico específico que se fundamenta desde tres aspectos:

- La interacción social desde el ámbito de la psicología del aprendizaje.
- La práctica docente innovadora, que supone la búsqueda constante de maneras de favorecer el proceso de enseñanza y aprendizaje, por medio de la adquisición de valores, la autonomía de pensamiento y acción y la capacidad comunicativa, como capacidades transversales.
- Una nueva epistemología adecuada a la Ciencia Escolar, que tenga en cuenta una perspectiva social de la ciencia y profundice los vínculos entre experimentos, lenguajes y teorías científicas.

Según Guidoni (1985) la ciencia escolar contempla tres dimensiones vinculadas a las capacidades cognitivas que se desarrollan en el proceso de enseñanza y aprendizaje:

- Pensamiento: opera mediante la representación de la realidad mediante modelos teóricos.
- Acción: se deriva de la capacidad de desarrollar actividad de transformación del mundo. Implica la experimentación y adquisición de vivencias.
- Comunicación: generar lenguajes diversos para expresar interpretaciones y explicaciones del mundo en contextos de acción.

Según la propuesta de Ciencia Escolar, es posible favorecer una construcción significativa del conocimiento, cuando la enseñanza tiende a trabajar capacidades relacionadas al pensar, hablar, sentir y actuar, abordando la actividad científica escolar desde una perspectiva dinámica de causa y efecto. (Izquierdo-Aymerich y Espinet, 2004)

*¿Cómo convergen la teoría de Aprendizaje Significativo y los procesos de Transposición didáctica en la enseñanza y aprendizaje de la Química?*

Si nos posicionamos en el paradigma constructivista y analizamos el nuevo enfoque de la enseñanza de la Química propuesto por Izquierdo-Aymerich, detectaremos la necesidad de resignificar la capacidad explicativa de la Química generando experiencia química en los estudiantes para que puedan formular preguntas genuinas.

Sin embargo, el planteo de estas “buenas preguntas” es una condición necesaria pero no suficiente para lograr una formación científica de calidad. El sistema de valores y posicionamientos epistemológicos sumado a la disposición de “buenas teorías” que incorporen palabras adecuadas para favorecer procesos de pensamiento y sustenten una dinámica cognitiva que favorezca la intervención y transformación del mundo, son esenciales. En este marco de discusión, problematizar el aprendizaje significativo en la enseñanza y aprendizaje de la Química y los procesos de transposición didáctica que se ponen en juego al intentar mediar entre el conocimiento sabio y el conocimiento enseñado toma fundamental importancia.

La Teoría del Aprendizaje Significativo (Ausubel, 1983) es una teoría que propone superar la perspectiva tradicional del proceso de enseñanza y aprendizaje, desde un enfoque constructivo.

A los fines de este trabajo, se hará un breve recorrido por esta propuesta teórica, problematizándola en el contexto específico de la Didáctica de la Química. La intencionalidad es resignificar aspectos que favorezcan la comprensión de la propuesta de Ciencia Escolar desde sus bases teóricas.

Ausubel (1983) enfatiza principalmente la importancia de capacitar al estudiante para que logre otorgar significado a sus propias experiencias. En este marco de ideas, la tarea de “dar sentido” implica una actividad vinculada con el pensamiento, la afectividad y el contexto.

Una de las premisas de esta teoría considera que el aprendizaje del estudiante dependerá de la estructura cognitiva previa que este posea, y la forma que entra en contacto con los nuevos saberes. (Ausubel, 1983, p.2)

El autor entiende las “estructuras cognitivas” como un conjunto de ideas y conceptos vinculadas a un campo de estudio, y la organización que estos presentan. Para guiar la labor educativa, Ausubel (1983) plantea el diseño y uso estratégico de herramientas

metacognitivas, como medio eficaz para indagar conocimientos previos en los estudiantes: "Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría este: El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente". (p.1)

Castillo (2013) reconoce, en el marco de dicha teoría, dos condiciones fundamentales para que se logre el aprendizaje significativo: La primera, actitud potencialmente significativa de aprendizaje por parte del estudiante y la segunda, presentación de un material potencialmente significativo.

Una de las características de dicho material, y que favorece el aprendizaje significativo, es su condición de "funcional".

Se entiende que un aprendizaje es funcional cuando la persona que lo ha realizado puede utilizarlo efectivamente en una situación concreta (en la vida cotidiana) para resolver un problema determinado, y en nuevas situaciones, para efectuar nuevos aprendizajes, está demostrado que cuanto más semejante sea una situación de aprendizaje a aquellas en la que ese aprendizaje se aplica, mejores resultados se obtendrán en términos de aprendizaje, y particularmente, a nivel de la motivación de los estudiantes. Lo que sucede es que ellos descubren la utilidad práctica de los contenidos de aprendizaje al mismo tiempo que los aprenden. (Castillo, 2013, p.9)

En diálogo con la propuesta de Ciencia Escolar (Izquierdo-Aymerich, 1999), se plantea trabajar con contextos específicos en constante evolución. Estos contextos implican situaciones que generan preguntas sobre determinadas ideas estructurantes.

Tres grandes acciones promueven este nuevo enfoque de enseñanza de la Química: Contextualizar, Modelizar y Emocionar (Izquierdo-Aymerich y Merino, 2004). Para llevar a cabo esta primera acción, se reconoce la necesidad de generar experiencia química en los estudiantes para que puedan, como se ha expresado anteriormente, formular preguntas genuinas. Es así, que esta experiencia química establece una condición para aprender y "dar sentido" a lo que se desea aprender.

Izquierdo-Aymerich enfatiza la relevancia de seleccionar situaciones relevantes, las que también podrían ser construidas, donde se produzcan episodios que den lugar a determinados hechos significativos según las reglas y lenguajes propios de la disciplina en cuestión.

A la luz de la Teoría del Aprendizaje significativo, la funcionalidad de los saberes está estrechamente vinculada con la tercera acción destacada por Izquierdo- Aymerich: emocionar.

La actitud de los estudiantes frente a lo que pretenden aprender debe ser, según esta teoría, potencialmente significativa, aspecto íntimamente relacionado con la motivación. Según Ballester (2002), la motivación puede ser intrínseca, relacionada con lo que se plantea hacer, orientada a la tarea; o externa, junto con la aprobación del docente, motivación relacionada con la actitud de los estudiantes frente a la actividad propiamente dicha y/o al proceso en sí mismo.

A continuación, analizaremos dos cuestiones centrales a los fines de nuestra investigación:

- ¿Cuáles son las condiciones y características para que un material sea potencialmente significativo en el contexto de la Química?
- ¿Cómo se lleva a cabo el proceso de aprendizaje según la Teoría de Aprendizaje Significativo y cómo se vincula con la propuesta de Ciencia Escolar a los fines de esta tesis?

Según lo expuesto, una de las condiciones para que se produzca el Aprendizaje Significativo se relaciona directamente con la presentación de material potencialmente significativo (Ausubel, 1983, p. 48). Esto implica que el nuevo material pueda relacionarse de manera no arbitraria y sustancial con alguna estructura cognoscitiva específica del estudiante. Es decir, debe corresponderse con la estructura lógica de la disciplina, la Química en este estudio, y la estructura psicológica de los alumnos.

En una investigación desarrollada por Talanquer (2004), en la que se cuestiona acerca de los conocimientos que distinguen a los buenos maestros de química, se enfatiza particularmente la importancia del Conocimiento Pedagógico de la Química. El autor

reconoce que una respuesta posible a su interrogante data de una amalgama entre el conocimiento disciplinar, didáctica y pedagogía.

Es el resultado de “pensar en Química” con el propósito de motivar, sorprender, despertar la curiosidad, generar interés y dar sentido; es la consecuencia de la reflexión constante sobre la naturaleza de los temas, ejemplos, explicaciones, analogías, metáforas, representaciones, actividades, experiencias, preguntas, problemas, que son apropiadas para diversos tipos de estudiantes y pueden favorecer aprendizajes más significativos. (Talanquer, 2004, p.2)

Reflexionando acerca de la tarea docente centrada en diseñar y aplicar determinado material que favorezca el proceso de enseñanza y aprendizaje, retomamos el aporte de Izquierdo-Aymerich (2004) quien expresa que el rol fundamental del docente es facilitar que los estudiantes puedan establecer relaciones significativas entre las teorías químicas, las intervenciones experimentales y el lenguaje. En este marco de ideas, se propone como acción específica por parte del mediador mostrar cómo encajan los hechos y las entidades teóricas, y luego enseñar a razonarlos.

“Enseñar Química también demanda que el docente reflexione sobre la naturaleza de las ideas, modelos y procesos que caracterizan el quehacer en la disciplina en el contexto de lo que sabemos sobre aprendizaje de la Química” (Como cita Gilbert, 2003 en Talanquer, 2004, p.62).

Uno de los factores primordiales para favorecer la construcción de materiales potencialmente significativos en el contexto de la Química, se vincula con la capacidad del docente para identificar ideas estructurantes. (García Díaz, 1998)

El docente con un alto grado de Conocimiento Pedagógico del Contenido analiza el contenido a enseñar desde una perspectiva completamente distinta a la del maestro novato o un investigador experto en la disciplina. Sus intereses y motivaciones lo llevan a reflexionar constantemente sobre la naturaleza y estructura del conocimiento químico (Jensen, 1998), y a tratar de identificar grandes ideas y conceptos integradores. (Talanquer, 2004, p.62)

Para responder la segunda cuestión: ¿Cómo se lleva a cabo el proceso de aprendizaje según la Teoría de Aprendizaje Significativo y cómo se vincula con la propuesta de Ciencia Escolar a los fines de esta tesis?, pondremos en diálogo las perspectivas teóricas de cada propuesta.

La Teoría del Aprendizaje Significativo considera que:

El aprendizaje significativo ocurre cuando una nueva información "se conecta" con un concepto relevante ("subsuntor") preexistente en la estructura cognitiva, esto implica que, las nuevas ideas, conceptos y proposiciones pueden ser aprendidos significativamente en la medida en que otras ideas, conceptos o proposiciones relevantes estén adecuadamente claras y disponibles en la estructura cognitiva del individuo y que funcionen como un punto de "anclaje" a las primeras. (Ausubel, 1983)

A la luz de la propuesta de Ciencia Escolar, dicho proceso se lleva a cabo por medio de la modelización. Según expresa Izquierdo-Aymerich (1999), modelizar implica establecer una similitud entre el mundo de los fenómenos con algo que lo ordena y que puede ser explicado mediante determinados enunciados. La autora expresa: "Lo importante no es describir qué son y cómo funcionan las entidades químicas, sino plantear un problema que las haga necesarias, adecuado a las capacidades del estudiante y las finalidades de la enseñanza." (Izquierdo-Aymerich, 2003, p. 130)

Para comprender el propósito problematizador de este trabajo de investigación, es primordial diferenciar la idea de "concepto" abordada en él. Si bien encontramos fuertes puntos de intersección entre la Teoría del Aprendizaje Significativo propuesto por Ausubel (1983), y los planteos de la "Ciencia Escolar", la idea de "concepto", implica un interesante elemento de análisis.

Como lo menciona claramente Mosquera y otros (2010), es necesario diferenciar el "Concepto ausubeliano" del "Concepto didáctico" denominado por la Didáctica de las Ciencias: "Concepto Estructurante".

La idea de "Concepto estructurante" hace referencia a un término inclusivo, en el que se consideran varias ideas preconcebidas en la mente del estudiante, expresan los autores. Es decir, se tienen en cuenta todos los atributos de criterio relacionados con eventos,

objetos, fenómenos y situaciones que se combinen para conformar la estrategia cognitiva de los estudiantes, por medio de la enseñanza.

Y el aspecto más relevante de este análisis, que propone comprender las diferencias de existencia, naturaleza y caracterización entre ambas ideas, toma un importante giro al plantear que el problema asociado a la enseñanza y aprendizaje para cada tipo de concepto es diferente.

Los individuos, mediante la adquisición de conceptos didácticos, no otorgan el mismo significado genérico a los términos de su lenguaje, estos organizan su discurso de tal manera que, al mitigar la influencia de los elementos idiosincrásicos sobre las definiciones, son organizados (estructurados) por la significatividad de las relaciones entre ellos mismos. La jerarquía entre las relaciones y los conceptos está supeditada por la existencia del concepto estructurante, adquirido durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de la ciencia. (Mosquera y otros, 2010, p. 9)

Repensando nuevamente el planteo fundante de la Ciencia Escolar, se reconoce la necesidad de superar la reducción de la enseñanza de la Química a definiciones y métodos de funcionamiento. Crear la necesidad de las entidades químicas como elementos activos dentro de los modelos explicativos para argumentar y transformar el entorno, nos ayuda a comprender la idea de concepto estructurante como una “forma de ver y actuar” sobre la realidad, por medio de modelos.

En el marco de la propuesta de Izquierdo-Aymerich, es importante diferenciar este proceso de modelización en el desarrollo de actividades propiamente científicas y en el contexto de la enseñanza. Claramente existen coincidencias, pero las diferencias ameritan especial atención.

La autora, reconoce un alto grado de complejidad en este último contexto, ya que, como es sabido, los estudiantes no conocen teorías, aplicaciones ni lenguajes, o saben el lenguaje, pero no pueden aplicarlo. Por ello, propone una particularidad en la intervención docente, expresada en pasos.

El docente debe:

- Escoger un fenómeno relevante y relacionarlo con otros
- Generar la necesidad de intervención en ello.
- Dar tiempo al estudiante para la apropiación del problema (es decir, otorgar momentos para que reconozca lo que sabe y lo que no sabe, introduzca entidades que “den sentido”, entre otras) para elaborar buenas preguntas y explicaciones adecuadas a la intervención consecuente de “haber aprendido”.
- Plantear hipótesis que den lugar a buenos argumentos válidos para el conjunto de hechos.
- Elaborar argumentos que justifiquen los resultados de la intervención mediante nuevas entidades teóricas. (Izquierdo-Aymerich, 2003, p.132)

Otro de los aspectos íntimamente vinculado a la intervención docente, se refiere a la tarea de transformar y adaptar, a partir de determinados criterios, el saber científico al saber enseñado. Como lo expresa Chevallard, (1985): “El estudio de los mecanismos a través de los cuales un contenido u objeto de **saber científico** pasa a ser un contenido u **objeto de enseñanza**, es lo que se ha dado en llamar Transposición Didáctica”.

Espinoza y Salfate (2005) identifican dos mecanismos en el Proceso de Transposición Didáctica: Análisis Epistemológico y Análisis Didáctico.

El Análisis Epistemológico o resguardo epistemológico (Brousseau, 1983), es un proceso asociado a la vigilancia que necesariamente se lleva a cabo sobre la relación que hay entre el objeto de saber y el objeto a enseñar (y, por tanto, a posteriori con el objeto de enseñanza).

El objetivo de este tipo de análisis es justamente “resguardar” los aspectos genuinos y esenciales del conocimiento original cuando se elaboran “creaciones didácticas” para fines educativos.

Y de manera complementaria, se lleva a cabo el Análisis Didáctico, que tiene como propósito principal “Transformar” el objeto a enseñar en objeto de enseñanza.

El concepto de Transposición Didáctica, en tanto remite al paso del saber sabio al saber enseñado, y por tanto a la distancia eventual, obligatoria que los separa, da testimonio de ese cuestionamiento necesario al tiempo que se convierte en su primera herramienta. Para el didacta, es una herramienta que permite recapacitar, tomar distancia, interrogar las evidencias, poner en cuestión las ideas simples, desprenderse de la familiaridad engañosa de su objeto de estudio. En una palabra, lo que le permite ejercer su vigilancia epistemológica. Es uno de los instrumentos de la ruptura que la didáctica debe ejercer para constituirse en su propio dominio; es aquel por la cual la entrada del saber en la problemática de la didáctica pasa de la potencia al acto: en la medida en que el “saber” deviene para ella problemático puede figurar, en adelante, como un término en el enunciado de problemas (nuevos o simplemente reformulados) y en su solución. (Chevallard, 1997, p.5)

En el contexto específico de la Didáctica de la Química, se percibe una escasa revisión de estos procesos complementarios a la Transposición didáctica, fundamentada fuertemente en los enfoques tradicionales de su enseñanza.

La clausura de la conciencia didáctica responde subjetivamente a la autonomía relativa de sistema didáctico: es la forma vivida de la condición de posibilidad de la enseñanza. El sistema didáctico no existe sino para ser compatible con su entorno, y esta compatibilización pasa por la disminución de la conciencia del entorno por parte de los agentes del sistema (...) El saber que produce la transposición didáctica será por lo tanto un saber exiliado de sus orígenes y separado de sus producciones históricas en la esfera del saber sabio, legitimándose, en tanto saber enseñado, como algo que no es de ningún tiempo ni de ningún lugar, y no legitimándose mediante el recurso a la autoridad de un productor, cualquiera que fuere. (Chevallard, 1997, p.5)

En vista de plantear caminos alternativos que permitan superar estas tendencias mencionadas por Chevallard (1997), retomamos los aportes de Izquierdo-Aymerich (2004). La autora propone generar experiencia química y construir situaciones relevantes que tengan como objetivo crear la necesidad de aplicar determinadas entidades químicas, de

manera tal que definir las e identificarlas sean capacidades cognitivas necesarias, pero no suficientes para construir significados en términos químicos. En este marco de ideas, podemos cuestionar:

*¿Cómo podemos construir estas “situaciones relevantes” que generen la “necesidad” de comprender y aplicar tanto entidades como relaciones químicas en el contexto de la experiencia química?*

Considerando la Química como la ciencia de las relaciones e interacciones, destacaremos dos aspectos importantes. Si bien las entidades químicas encuentran sentido y existencia en el contexto del “Cambio Químico” como lo propone Izquierdo- Aymerich (2001), podemos destacar dos niveles de problematización.

Cuando las entidades son definidas fuera de un tiempo y un espacio, su existencia es relativa y absoluta. Es así como las teorías se simplifican a enunciados vacíos de historia y sentido tanto químico como real. El primer nivel de problematización demanda un proceso de desnaturalización de estas entidades estáticas, que deben necesariamente interactuar con un contexto químico específico. En este proceso, el estudiante podrá desarrollar capacidades metacognitivas y de autorregulación que lo hagan construir buenas preguntas para redireccionar el proceso de enseñanza y aprendizaje.

En el ámbito de la competencia científica, el estudiante debe ser capaz de identificar y aplicar, para comprender y resolver determinados problemas. Por esto, definir e identificar, son capacidades inferiores de pensamiento que luego darán lugar, con un inmensurable trabajo pedagógico didáctico, a las capacidades superiores como aplicar, inferir, predecir.

Y es aquí donde entra en juego el segundo nivel de problematización. A partir del planteo de un problema estratégico, aquellas entidades químicas encuentran razón de ser y demandan la comprensión de relaciones e interacciones en el contexto del “Cambio Químico”, porque es en este marco explicativo, donde surge la necesidad del contextualizar, modelizar y emocionar. (Izquierdo-Aymerich, 2004)

Otro aspecto fundamental, se relaciona con las capacidades y habilidades de pensamiento puestas en juego por los estudiantes durante el proceso de resolución de situaciones problemas. En este marco de ideas, se plantea trabajar con la Taxonomía de Bloom

(1979). Esta perspectiva teórica propone, en primera instancia, un sistema de clasificación de habilidades dentro del contexto de la evaluación educativa. Sin embargo, sus alcances son mucho más significativos, cuando se la comprende como un intento de jerarquizar las operaciones cognitivas en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

La taxonomía cognitiva se basa en la idea de que las operaciones cognitivas pueden clasificarse en seis niveles de complejidad creciente. Lo que tiene de taxonómico la taxonomía es que cada nivel depende de la capacidad del alumno para desempeñarse en el nivel o los niveles precedentes. (Eisner, 2000, p. 427)

A la luz de esta propuesta, la construcción de las situaciones problema a modo de estrategia didáctica se llevó a cabo con el propósito de valorar el desarrollo de estas capacidades por parte de los estudiantes, puestas en diálogo con las categorías apriorísticas construidas.

***C5: ¿Cuáles son los puntos de encuentro entre la Teoría de Modelos de Ciencia de Giere y la Propuesta de Ciencia Escolar de Izquierdo-Aymerich a la luz de la presente investigación?***

Para comprender los puntos de encuentro entre teorías y propuestas presentadas, es necesario plantear algunas cuestiones fundamentales acerca de la concepción metateórica, que dan luz a ciertos aspectos centrales en el planteo de la familia semanticista.

Como se ha expresado hasta el momento, el Modelo Cognitivo de Ciencia propuesto por Ronald Giere, se encuentra dentro de la familia semanticista, la cual convierte en secundario el aspecto lingüístico de las teorías (sustentado en la concepción axiomática del positivismo lógico) y hace de los modelos el punto central en el análisis de las teorías.

En la fase modelista, desarrollada a partir de 1970, se pueden señalar dos “denominadores comunes”: un giro “antilingüístico” en relación con las corrientes, que privilegia la noción de modelo frente a la de proposición como unidad básica del conocimiento científico, y el papel central desempeñado por las reconstrucciones, lo más detalladas posible, de teorías científicas concretas. (Moulines, 2011, p.16)

Como lo expresan Diez y Lorenzano (2002), existen aspectos principales en los cuales coinciden las propuestas semánticas más difundidas. Estas características similares permiten hablar de una familia semanticista que contiene aspectos en común, pero que difiere en la manera de abordarlos, como se explicó en el análisis de la tercera cuestión teórica.

Con el propósito de explicitar las relaciones que ponen en diálogo las propuestas teóricas y metateóricas que conforman el marco teórico propuesto, se analizará cómo el Modelo Cognitivo de Ciencia permite fundamentar la ciencia para los estudiantes.

Como bien lo expresa Izquierdo-Aymerich (1999), el Modelo Cognitivo de Ciencia de Giere, provee a la educación, un valioso recurso tanto para planificar como para desarrollar la Ciencia Escolar. Sin embargo, la autora identifica determinadas condiciones para que esto sea así:

- a) Se debe interrogar sobre el objetivo del conocimiento escolar, para favorecer preguntas y respuestas.
- b) No podemos construir conocimiento científico escolar aplicando el Método Científico.
- c) No se pueden presentar los hechos como confirmación de teorías sino en función de otras.
- d) Se debe enseñar a justificar, es decir razonar sobre las acciones e interpretaciones de los fenómenos en el contexto escolar. Aprender y enseñar a escribir. (p.83)

El Modelo de Ciencia Cognitiva reúne de manera coherente distintos puntos de vista de cohorte epistemológicos, psicológicos y desde la perspectiva de la Historia de la Ciencia que favorecen su comprensión de manera significativa. Esta propuesta modeloteórica ofrece un marco adecuado que favorece posibles estrategias para abordar las principales emergencias de la didáctica de las ciencias e intenta consolidar el conocimiento científico, como lo expresara Izquierdo-Aymerich (1999).

La propuesta de Giere supone que las características fundamentales de las ciencias son el pensamiento teórico y la metacognición, lo que permite aceptar sin grandes inconvenientes la posibilidad de poner en diálogo diversos enfoques curriculares. En este marco de ideas, todos los enfoques son válidos si ayudan a pensar sobre el mundo interaccionando con él intencionadamente mediante modelos teóricos. (Izquierdo-Aymerich, 1999, p.82)

Es entonces donde subyace el gran punto de análisis: Los modelos para ambas propuestas teóricas.

Para la Ciencia Escolar, la interrelación entre la teoría científica y la práctica experimental es esencial. Es decir, el instrumento principal es el pensamiento teórico en función de las preguntas que intenta responder.

El rol docente centrará su actividad en pensar y elegir qué modelos teóricos (entendidos como maneras de mirar el mundo) vertebran el currículum y a partir de ellos derivar conceptos estructurantes.

Desde este contexto, es posible definir los modelos teóricos escolares, como representaciones mentales que pueden concretarse por escrito, mediante maquetas o a la inversa.

Los modelos teóricos incluyen fenómenos del mundo y permiten actuar, es decir, diseñar experimentos y elaborar argumentos para explicar resultados obtenidos. Los modelos teóricos escolares ocupan el mismo espacio y tienen la misma función que las teorías en la ciencia. (Izquierdo-Aymerich, 1999, p. 85)

Según la propuesta de Ciencia Escolar, uno de los propósitos de la enseñanza de las ciencias, es desarrollar la capacidad de representar el mundo para aplicar posibles modelos. En este contexto, conocer y evaluar son parte de un proceso metacognitivo dirigido a diferenciar distintos tipos de conocimientos, abordar estrategias de razonamiento y formas de comunicación, entre otras.

Otro aspecto que esclarece el alcance de los “modelos teóricos escolares”, es comprender que están conformados por conceptos estructurantes y hechos significativos, es decir, se hace referencia a una “manera de mirar el mundo” que contiene ambos elementos.

Pero “modelizar el mundo” en el contexto escolar implica según Izquierdo-Aymerich (1999) atender dos cuestiones:

- 1) Construir qué es lo que se mira, denominado Hecho Científico.
- 2) Construir qué es lo que se busca de él, es decir identificar las regularidades que permiten interpretar simultáneamente determinados grupos de fenómenos.

Cuando se hace mención de un hecho científico escolar, se trata de un hecho interpretado en términos de un modelo. Para que el mismo sea significativo, surge la necesidad de acoplar tres representaciones diferentes: La acción que se lleva a cabo, el fenómeno que se analiza, y el instrumento que se utiliza.

Si el hecho es de naturaleza experimental, emerge en el contexto de la experimentación escolar, cuyo objetivo es según Izquierdo-Aymerich (1999): “Reconstruir un hecho del mundo en función de algún modelo incipiente, pero conectando al máximo con las representaciones de los estudiantes”. (p. 76)

De acuerdo con lo expresado, el componente del proceso de enseñanza que prioriza la Ciencia Escolar es el lenguaje, por medio de la construcción de “buenas explicaciones”.

Partiendo de la relevancia otorgada a la argumentación en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la ciencia, citado anteriormente, especificaremos las condiciones que la autora considera esenciales para que se produzcan:

- Quién pregunta y responde es el estudiante.
- Las explicaciones deben ser adecuadas.
- La escritura de conclusiones debe ser clara, organizada y sin errores.

Es decir, una buena explicación científica escolar debe responder a una pregunta en un contexto científico escolar, escrito correctamente y utilizando un modelo teórico lo más robusto posible, comprendido por el estudiante. (Izquierdo-Aymerich, 1999, p.90)

## CAPITULO IV:

### HIPÓTESIS DE TRABAJO

---

Uno de los propósitos que persigue nuestro trabajo de investigación es analizar una determinada teoría, en este caso, la vinculada a la Estructura Atómica, desde el marco de la Historia y Epistemología de la Química, e indagar en la relación entre los conceptos químicos problemáticos en el ámbito de la filosofía de la Química y las dificultades en la enseñanza de los mismos.

Esto se hace explícito en las siguientes hipótesis:

#### ***H1: Hipótesis Uno***

El análisis del conjunto de modelos que identifican la Teoría de la Estructura Atómica, y el reconocimiento de los obstáculos epistemológicos asociados a ella, favorecerá la posibilidad de establecer una relación, que sostenga que, si ciertos conceptos involucrados en la familia de modelos identificada son problemáticos en el ámbito de la Filosofía de la Química, es esperable encontrar dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Química.

#### **H2: Hipótesis Dos**

De establecerse la relación anterior, una manera posible de esclarecer problemáticas y dificultades es brindar un análisis que intente estudiar el proceso de modelización que llevan a cabo los estudiantes al intentar resolver nuevas situaciones, aplicando la propuesta de Ciencia Escolar de Izquierdo-Aymerich a una estrategia de enseñanza de la Química, abordando dicha propuesta desde el Modelo de Ciencia Cognitivo de Ronald Giere.

### ***H3: Hipótesis Tres***

Teniendo en cuenta la complejidad del proceso de construcción de conceptos, significados y significantes en el campo de la Química, consideramos que el análisis de posibles procesos de aproximación sucesiva en la construcción de los mismos, a partir de la confrontación del estudiante a nuevas situaciones, favorecerá la comprensión y entendimiento de procesos asociados a la enseñanza y aprendizaje de la Química, y específicamente los vinculados con la estructura atómica.

**Parte II:**

---

“...No todo (...) es real de la misma manera y la sustancia no tiene la misma coherencia en todos los niveles, la existencia no es una función monótona, no puede afirmarse siempre y con el mismo tono...” (p.53)

“...Pensar bien lo real es aprovecharse de sus ambigüedades para modificar el pensamiento y alterarlo...” (Bachelard, 2009, p.17)

## CAPITULO V

### MARCO METODOLÓGICO

---

En función de los objetivos propuestos en esta tesis, acudimos a un marco metodológico que se funda principalmente en un abordaje concerniente tanto a aspectos cualitativos, como cuantitativos.

La integración de metodologías remite a la posibilidad de combinar la metodología cualitativa y cuantitativa dentro de una misma investigación, de manera tal que sostiene la complementariedad entre métodos (Hemilse Acevedo, 2011).

Bericat (1998) identifica tres estrategias de integración metodológica: la **complementación**, la **combinación** y la **triangulación**.

La **complementación** responde a una estrategia metodológica que propone abordar el objeto de estudio a partir de dos imágenes diferentes correspondientes a las orientaciones cuantitativas y cualitativas correspondientemente. Es decir, se intenta dar cuenta de diferentes dimensiones sobre un mismo hecho investigado.

Por su parte, la **combinación** intenta perfeccionar los resultados de investigación obtenidos mediante un método específico, a partir de la incorporación de algunos componentes de investigación obtenidos con otro método.

La **triangulación o convergencia**, supone el uso de ambas metodologías (cualitativas y cuantitativas) para abordar el mismo aspecto de la realidad. En este caso, si bien hay independencia en la aplicación de los métodos, existe una convergencia en los resultados. (Bericat, 1998).

En función de los objetivos propuestos en nuestro trabajo de investigación, nos centraremos en la triangulación como estrategia metodológica.

Entre las potencialidades de la triangulación metodológica puede destacarse su capacidad de solucionar problemas de medición y permitir validar una medida utilizando distintos instrumentos (Bericat, 1998). De esta manera, si los resultados obtenidos a través de métodos diferentes son parecidos, podrá hablarse de convergencia entre medidas independientes (Pérez Serrano, 1998). (Como cita Hemilse Acevedo, 2011, p.5)

Vasilachis (1992), propone también la posibilidad de la triangulación teórica, de la cual haremos uso. Consiste en la puesta en diálogo de diferentes teorías, identificando y analizando los puntos de convergencia, de manera que favorezca el esclarecimiento de relaciones relevantes dentro de los límites de la situación problema abordada.

Según Reggio (s/f):

El principal beneficio que brinda el uso combinado de metodologías es la posibilidad de superar los sesgos y limitaciones propios de cada método a partir de su integración con otro/s. Así, la triangulación permitiría una mirada crítica sobre los datos obtenidos, identificar sus debilidades y la necesidad de abordajes complementarios (p.1).

### **Desarrollo de etapas metodológicas**

Para el desarrollo del marco metodológico, se proponen las siguientes etapas:

#### **Primera Etapa:**

Construcción y presentación de situaciones basadas en estrategias didácticas a modo de pruebas piloto, para el análisis de:

- ☞ Procesos de Aproximaciones Sucesivas en la construcción de significados y significantes.
- ☞ Modelos Teóricos Escolares, submodelos.
- ☞ Argumentaciones, conceptos y hechos significativos
- ☞ Representaciones y modelos explicativos construidos

Este análisis se realiza sobre una población de estudiantes, organizados en grupos, el primero vinculado con carreras de formación de formadores, universitaria y no universitaria. La segunda, carreras afines con la Química:

#### 5.1.1. a. Población de estudio

##### **Grupo 1:**

Grupo 1-A: estudiantes de Profesorado Universitario en Química, Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Cohorte 2017

##### **Grupo 2:**

Grupo 1-B: estudiantes de Ingeniería (en Industria de los Alimentos, Petroquímica- Mineralurgia y Medio Ambiente). Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Cohorte 2017.

El grupo muestral total, compuesto por los subgrupos 1 y 2 (Grupo1-A y Grupo 1-B), se conformó por 20 estudiantes que participaron de la investigación de principio a fin. De dicha población, 8 estudiantes pertenecían a la formación de formadores y 12 a carreras de ingeniería.

Por su parte, los seis estudiantes elegidos para desarrollar entrevistas pertenecían a ambos perfiles profesionales, dos de ellos, a la formación de formadores y cuatro, al área de ingeniería.

#### **Confección de la Estrategia Didáctica**

El proceso de elaboración de la estrategia didáctica tuvo en cuenta el estudio de las principales tendencias vinculadas a la presencia de obstáculos que presentan los estudiantes en el proceso de aprendizaje y construcción de significados en el Campo Conceptual de la Teoría de la Estructura Atómica de la materia.

Para desarrollar la recogida y organización de la información, se crearon dos tipos de tópicos: *Categorías apriorísticas*, construidas antes de la recolección de datos, respondiendo a “conceptos objetivadores”, como lo plantea Elliot (1990); y *categorías emergentes*, que corresponderían a “conceptos sensibilizadores”, y son rescatadas del proceso de indagación propiamente dicho.

*Subcategorías*, que detallan las categorías apriorísticas, pero desde microaspectos (pueden

---

ser apriorísticas o emergentes también).

## **Unidades de Análisis teóricas**

Se presenta a continuación una tabla con las dos grandes unidades de significado a través de las cuales se abordan las situaciones problemáticas construidas. Es decir, se proponen dos grandes ejes de análisis:

- **Primer Unidad de análisis teórica: Percepción de la estructura de la materia.**
- **Segunda Unidad de Análisis teórica: Modelos Explicativos Válidos para argumentar fenómenos.**

Para fundamentar la identificación de estas unidades de análisis y la forma en que estas adquieren significado en el seno de nuestro estudio, es necesario remitirnos al objetivo de nuestra investigación.

El abordar la Teoría Atómica de la materia, intentando identificar posibles obstáculos epistemológicos, desde la perspectiva histórico-epistemológica, supone un análisis acerca del proceso que ha sufrido la percepción de la estructura de la materia y los modelos explicativos válidos para argumentar sobre diversos fenómenos.

Es sabido que, para la Teoría Atómica de la materia, el atomismo implica un elemento estructural dentro del marco conceptual de la Química Moderna. Sin embargo, este concepto estructurante, comprendido como concepto didáctico supraordenador e inclusivo, data de etapas anteriores a la era moderna.

Comprender el proceso por medio del cual se construyó la idea de atomismo, permite favorecer la comprensión e identificación de los modelos teóricos a partir de los cuales se lo ha interpretado. Es así, que la percepción de la estructura de la materia y los modelos explicativos válidos para intentar argumentar diversos tipos de fenómenos se resignifica en un proceso dinámico, del cual la ciencia escolar heredó conceptos aislados y desconexos, que suelen reconocerse como potenciales obstáculos epistemológicos en el proceso de enseñanza y aprendizaje. (Furió y Furió, 2000)

Según Cubillos, Poveda y Villaveces (1989): “La aceptación del atomismo implicó un hito que completa la ruptura de la Química con las concepciones precientíficas.” (p.53)

La primera etapa en la construcción de este concepto se funda en el sustancialismo, que consideraba la tierra, el agua, el fuego y el aire como los elementos constitutivos fundamentales que designaban los principios responsables de lo “seco”, “lo húmedo”, “lo caliente” y “lo frío”.

Se trataba de una teoría no determinista que dejaba espacio al “azar” para explicar las colisiones de las partículas que se movían en el vacío. Es decir, era una teoría que explicaba al mismo tiempo el problema de la constitución de la materia y el movimiento.

Según Cubillos, Poveda, y Villaveces (1989): “A todo este esquema corresponde una visión de la materia como una sustancia que puede revertirse de distintos accidentes o cualidades sensibles que constituyen su potencia para transformarse en otra, conservando esa esencial sustancia interior.” (p.54)

El modelo teórico que hoy contextualiza la Química Moderna basada en “la reacción química”, se traducía a “transmutación” en el contexto del sustancialismo.

Aunque al parecer, el modelo conceptual de la Teoría en cuestión superó esta visión, la Ciencia Escolar heredó parte de conceptualizaciones específicas identificadas en discursos explicativos pertenecientes a importantes libros de textos.

Por ejemplo, cuando se define el concepto de calor, la bibliografía especializada presta especial atención en expresarlo como una forma de energía que puede medirse en unidades de calorías. Sin embargo, cuando se desarrolla la transferencia de calor encontramos este tipo de expresiones:

Según Zemansky Young (1999): “El flujo de calor es una transferencia de energía. Una transferencia de energía que se produce exclusivamente en virtud de una diferencia de temperatura, se denomina flujo calórico.” (p.353)

Aunque claramente en este capítulo se desarrolla una breve explicación histórica del concepto de calórico, se utiliza la palabra “flujo”, lo que invita a pensar necesariamente en “algo que fluye”.

Continuando con el proceso de construcción del atomismo, se llega a la etapa en que del sustancialismo se pasa gradualmente a la Química de los principios. Esto supuso procesos de crisis del sustancialismo, basados en las discusiones referidas a las ideas planteadas por la Revolución Copernicana y la manera en que estas repercutirían en la filosofía aristotélica eclesiástica instalada en la cultura europea. (Cubillos, Poveda y Villaveces, 1987, p. 59)

Las ideas movilizadoras de base se relacionan con el desplazamiento que sufrieron los conceptos de “sustancia y accidente” por “átomo y vacío”, ruptura que dio lugar a pensar en la movilidad, impenetrabilidad y discontinuidad de la materia.

De la mano de explicaciones alternativas, se construyen teorías como la de afinidad química y la teoría corpuscular para comprender los fenómenos naturales.

A pesar de que el mecanicismo y el individualismo preparaban el terreno para el atomismo moderno, como lo expresan Cubillos, Poveda y Villaveces (et. al.), el sustancialismo volvió a encontrar presencia mediante la idea del “flogisto”. Si bien este era un modelo explicativo que presentaba claras contradicciones, no fue hasta los aportes de Lavoisier, que este pudo superarse.

De la mano de Lavoisier, se produce una importante ruptura epistemológica en la historia de la Química, como lo expresan los autores. Se pasa de la “Química de los principios” a la “Química de los elementos”. (p.59)

Por último, la etapa de aceptación definitiva del atomismo incluye a Dalton, quien propone una formulación cuantitativa y medible del atomismo, que sirvieron de base teórica a la Química de los elementos. Se establece así, una nueva forma de pensar la Química, mediante un modelo teórico con un amplio poder explicativo que logró superar los “principios químicos” que explicaban las propiedades de las sustancias para pensar en “elementos” a los que correspondían átomos de un mismo tipo, de igual naturaleza e igual peso. (p.60)

Poniendo en diálogo este breve recorrido histórico, y los modelos teóricos escolares contruidos a partir de su herencia, es posible identificar importantes errores conceptuales tanto en los libros de texto, como también en las respuestas de los estudiantes, lo que otorga mayor relevancia al estudio de la percepción de la estructura de la materia y a los posibles modelos explicativos válidos, como unidades de análisis para nuestro estudio.

(A partir de un estudio exhaustivo, basado en los errores conceptuales presentes en los modelos atómicos cuánticos del átomo) deducimos que, si bien un cierto número de los textos analizados presentan globalmente las ideas cuánticas del átomo de un modo satisfactorio, todavía subsisten demasiados errores conceptuales en los textos. Ello confirma nuestras hipótesis de partida, y observamos que se tiende a realizar una introducción desestructurada y confusa de los conceptos cuánticos, introducción que yuxtapone (o incluso mezcla) las concepciones clásicas, pre-cuánticas y cuánticas acerca de la estructura atómica. Como ya hemos señalado, esta yuxtaposición constituye una de las fuentes más importantes de errores conceptuales. (Solbes y otros, 1987, p. 194)

En función de cada unidad de análisis, se plantean una serie de objetivos específicos, que serán trabajados mediante un conjunto de actividades. Por ello, se identifican los conceptos centrales, abordados como “conceptos estructurantes” según los criterios antedichos, que las situaciones pretenden poner en juego, las expectativas de logro, para establecer lo que se espera alcanzar por parte de los estudiantes y los indicadores de logro, para facilitar el reconocimiento de aquellos elementos que de algún modo evidencien los logros de las expectativas presentadas.

Unidades de Análisis Teóricas				
UAT1: Percepción de la estructura de la materia				
Actividades	Objetivos	Conceptos Centrales	Expectativas de Logro	Indicadores de Logro
A1.a A1.b A1.2.a A1.2.b A1.2.c A1.3.a A1.3.b A1.4.a A1.4.b A1.5	1.a) Identificación y comprensión de propiedades del átomo individual y de estructuras atómicas (propiedades de sistemas y de partículas)	Átomo Elemento Químico Sustancia Pura Propiedades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprendan y problematicen los conceptos de "átomo, elemento químico y sustancia pura".</li> <li>• Asocien y relacionen propiedades correspondientes a elementos químicos y átomos,</li> <li>• Construyan definiciones en base a discusiones y reflexiones específicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparan definiciones e identifican aspectos errados y acertados, utilizándolos en la construcción de mejores definiciones.</li> <li>• Comprenden, diferencian e identifican propiedades de átomos, elementos y sustancias simples a partir de la problematización anterior.</li> <li>• Elaboran definiciones pertinentes a los puntos de análisis abordados.</li> </ul>
A1.6.a A1.6.b A1.6.c A1.6.d A1.6.f A1.7.a	1.b) Interpretación de proporciones y tamaños de átomos y partículas subatómicas	Radio Atómico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifiquen el radio atómico como una propiedad periódica y la vinculen con las otras.</li> <li>• Identifique e interprete propiedades periódicas para construir explicaciones acerca de las interacciones observadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocen y relacionan el radio atómico con la electronegatividad y la posibilidad de interacción entre átomos y moléculas</li> <li>• Argumentan las situaciones propuestas haciendo mención de las propiedades periódicas y su relación con las interacciones presentes.</li> </ul>
A1.6.a A1.6.b A1.6.c A1.6.d A1.6.f A1.7.a	1.c) Relaciones de interacciones entre partículas subatómicas, átomos y entre moléculas	Electronegatividad Fuerzas intermoleculares Fuerzas interatómicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argumenten sobre interacciones posibles, identificándolas y diferenciándolas.</li> <li>• Interpreten los fenómenos analizados a la luz de la electronegatividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocen interacciones intramoleculares e intermoleculares.</li> <li>• Explican los comportamientos y tipos de interacciones haciendo referencia a las densidades de carga y polaridad.</li> </ul>

**Tabla 2:** Unidad de Análisis teórica 1. Percepción de la estructura de la materia

<b>UA2: Modelos Explicativos Válidos para argumentar fenómenos</b>				
<b>Actividad</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Conceptos centrales</b>	<b>Expectativas de Logro</b>	<b>Indicadores de Logro</b>
<b>A4.1.a</b> <b>A4.1.b</b> <b>A4.1.c</b>	2.a) Comparación y diferenciación entre Solubilidad-Recombinación Química	Solubilidad Reacción Química	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Comprendan los modelos explicativos asociados a la solubilidad y el cambio químico desde un concepto en común.</li> <li>•Construyan conclusiones a partir del estudio del Concepto en situación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Reconocen y analizan aspectos similares y diferentes de ambos fenómenos.</li> <li>•Justifican y argumentan citando modelos explicativos válidos.</li> </ul>
<b>A4.2.a</b> <b>A4.2.b</b> <b>A4.2.c</b> <b>A4.2.d</b> <b>A4.3.a</b> <b>A4.3.b</b> <b>A4.3.c</b> <b>A4.3.d</b>	2.b) Diferenciación y comparación de Tipos de uniones	Uniones Químicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Identifiquen y expliquen los tipos de uniones en las representaciones propuestas.</li> <li>•Identifiquen marcos teóricos posibles para explicar los distintos tipos de uniones.</li> <li>•Establezcan analogías yejemplificaciones con fenómenos reales y argumenten.</li> <li>•Reconozcan y diferencien uniones intermoleculares e intramoleculares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Comparan comportamientos entre los tipos de uniones y los reconozcan.</li> <li>•Explican los comportamientos observados citando y argumentan por medio de teorías pertinentes.</li> <li>•Identifican ejemplos reales a partir de las representaciones planteadas, analizándolos desde el marco teórico.</li> <li>•Identifican diferentes tipos de uniones, diferenciándolas.</li> </ul>
<b>A.4.4.a</b> <b>A.4.4.b</b>	2.c) Comprender e interpretar los fenómenos de Conductividad Eléctrica y térmica	Conductividad eléctrica y térmica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifiquen y argumenten acerca de la estructura correspondiente a materiales conductores y no conductores</li> <li>• Utilicen los modelos explicativos pertinentes para justificar los fenómenos observados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Reconocen el fenómeno puesto en juego y pueden explicar las diferencias y similitudes desde un punto de vista estructural.</li> <li>•Argumentan el fenómeno de conductividad, haciendo mención sobre alguna teoría referida a la estructura de la materia.</li> </ul>

**Tabla 3:** Unidad de Análisis teórica 2. Modelos Explicativos Válidos para argumentar fenómenos.

#### d. Desarrollo y Análisis de Situaciones a modo de Estrategia Didáctica

La estrategia didáctica consta de situaciones centradas en el estudio de las dos unidades de análisis teóricas nombrados anteriormente. Se construyeron actividades basadas en el análisis y resolución de situaciones, organizadas en dos grandes grupos:

- **Grupo de Situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles:**  
Hace referencia a un conjunto de doce actividades, que plantean el análisis de aspectos teóricos y prácticos en el contexto de la Teoría de la Estructura Atómica. Se trata de actividades de desarrollo, basadas en el análisis de fragmentos textuales, definiciones tradicionales y situaciones específicas entre otras.
- **Grupo de Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles:**  
Se trata de un conjunto de veinte actividades conformadas por una situación analítica asociada a una imagen con formato GIF. Este tipo de actividades permite indagar en los procesos interpretativos a la luz de la observación y el análisis de imágenes móviles, que dan lugar a la resignificación de “posibles interacciones”.

Ambos conjuntos de actividades demandan capacidades cognitivas específicas para su resolución por parte de los estudiantes como: observación, análisis, comparación, toma de decisión, identificación, argumentación, reflexión, ejemplificaciones, construcción de definiciones, interpretación, deducción, entre otras.

A continuación, se especifican los cuadros correspondientes a:

- a) Cuadro I: Objetivos generales e identificación numérica de las actividades según el conjunto de situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles.
- b) Cuadro II: Objetivos generales e identificación numérica de las actividades según el conjunto de situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles.

Objetivos generales de las situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles	Identificación de las situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles
Identificación y comprensión de propiedades del átomo individual y de estructuras atómicas (propiedades de sistemas y de partículas)	A1.a
	A1.b
	A1.2.a
	A1.2.b
	A1.2.c
	A1.3.a
	A1.3.b
	A1.4.a
	A1.4.b
	A1.5.a
A1.5.b	
A1.5.c	

**Tabla 4:** Objetivos generales e identificación numérica de actividades para Situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles.

Objetivos generales de las situaciones que si presentan representaciones pictóricas móviles	Identificación de las situaciones que si presentan representaciones pictóricas móviles
Interpretación de proporciones y tamaños de átomos y partículas subatómicas  Relaciones de interacciones entre partículas subatómicas, átomos y entre moléculas	A1.6.a
	A1.6.b
	A1.6.c
	A1.6.d
	A1.6.e
	A1.6.f
	A1.7.a
	A1.7.b
Comparación y diferenciación entre	A2.1.a
Solubilidad-Recombinación Química	A2.1.b
	A2.1.c
Diferenciación y comparación de Tipos de uniones	A2.2.a
	A2.2.b
	A2.2.c
	A2.2.d
	A2.3.a
	A2.3.b
	A2.3.c
A2.3.d	
Comprender e interpretar los fenómenos de Conductividad Eléctrica y térmica	A.2.4.a
	A.2.4.b

**Tabla 5:** Objetivos generales e identificación numérica de actividades para Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles.

A continuación, se detallan las actividades que corresponden a:

***d.1. Situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles, basadas en la Unidad de Análisis Teórica 1: Percepción de la estructura de la materia. (Actividades desde la A.1 a A.5)***

Según los aspectos definidos en los objetivos específicos, se planteó elaborar herramientas de análisis, a modo de estrategia didáctica, mediante la construcción de “situaciones relevantes”, para propiciar procesos de modelización por parte de los estudiantes, al abordar posibles procesos de resolución.

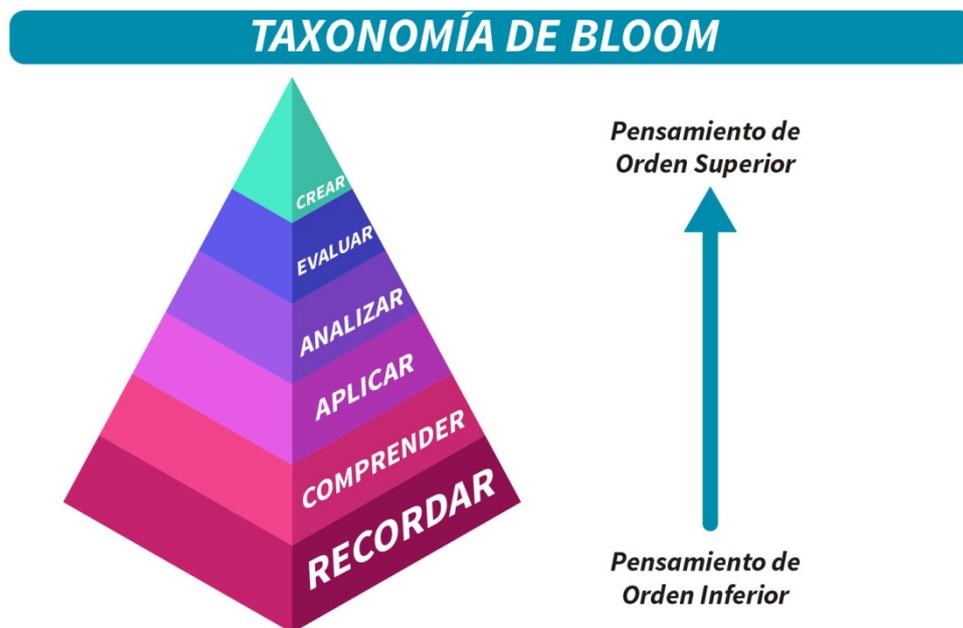
Como se especificó anteriormente, en el marco de la Propuesta de Ciencia Escolar (Izquierdo-Aymerich, 1999), las “situaciones relevantes” son comprendidas como hechos y modelos que ejemplifican determinados fenómenos. Se busca a través de ellas, generar “Actividad Científica Escolar”, estableciendo un contexto que favorezca la construcción de preguntas genuinas por parte de los estudiantes sobre determinadas ideas estructurantes, propiciando procesos de modelización, mediante los cuales se logre establecer una similitud entre el mundo de los fenómenos con “algo” que lo ordene y permita interpretarlos: los modelos teóricos escolares.

Partiendo de las principales capacidades que pretende desarrollar la propuesta de Ciencia Escolar (Izquierdo-Aymerich, 2004):

- Capacidad de pensar de manera teórica
- Capacidad de interpretar lo que se ve y se toca
- Capacidad de intervenir en ello y prever el fenómeno.

Se construyeron las siguientes actividades, intentando plantear un conjunto de situaciones interrelacionadas tanto en contenido, cuyo hilo conductor fueron las unidades de análisis, como en aspectos vinculados con las capacidades necesarias para su análisis y resolución.

Si bien ya se justificó el proceso de identificación y elección de las unidades de significado, es valioso rescatar, según lo expresado en el marco teórico, que las capacidades fueron abordadas desde la Taxonomía de Bloom (1979).



**Figura 4:** Taxonomía de Bloom. (Bloom, 1979)

En la primera actividad, por ejemplo, la consigna invita al estudiante a “analizar” una definición. Luego, debe expresar si está de acuerdo o no con ella, y finalizar con una ejemplificación.

Es muy probable que la capacidad a la que deban acudir los estudiantes para solucionar esta situación se vincule con la habilidad de orden inferior de pensamiento: “recordar”. Los conocimientos previos puestos en juego cumplen un rol esencial en la construcción de interpretaciones y también como punto de partida en la problematización de lo que se desea estudiar.

Aunque en la etapa de formación universitaria, la definición de átomo no es una novedad, se intenta desnaturalizar el concepto aislado para resignificarlo como idea estructurante para indagar en la percepción que se tiene acerca de la estructura de la materia.

Para que el estudiante, logre expresar el nivel de aceptación con la definición propuesta, son necesarias habilidades relacionadas con la comprensión y análisis. Y, por último, se solicita explícitamente una ejemplificación, favoreciendo procesos de aplicación mediante los cuales, el estudiante ponga en diálogo el enunciado planteado, los modelos teóricos implícitos o explícitos a la luz de los cuales esté interpretando el fenómeno o definición en cuestión y el contexto de lo estudiado.

Se rescatan las tres dimensiones que caracterizan la ciencia escolar (Izquierdo-Aymerich, 1999):

- “Pensar”, abordando el análisis de una definición que pierde su rigidez, cuando se plantea la posibilidad de generar o no concordancia.
- “Hacer”, mediante la doble búsqueda, de categorías de análisis que justifiquen posicionamientos y de posibles aplicaciones o ejemplos que den cuenta de lo anterior.
- “Comunicar”, utilizando la argumentación científica como estrategia de aprendizaje y como un medio para generar sentido mediante el lenguaje específico.

**A1) Analiza la siguiente definición encontrada en la página:**

<https://es.slideshare.net/KarlaAnyLisbethJohan/propiedades-de-los-tomos>

## ¿QUÉ ES UN ÁTOMO?

Un átomo es la unidad constituyente más pequeña de la materia que tiene las propiedades de un elemento químico.

**A1.a** ¿Estás de acuerdo con esta afirmación?, ¿por qué?

**A1.b** ¿En caso de ser así, podrías dar un ejemplo de una propiedad correspondiente a un átomo que caracterice también a un elemento químico?

**Figura 5:** Actividad A1 correspondiente al conjunto de Situación sin representaciones pictóricas móviles

**A1.2) Observa la siguiente imagen, encontrada en internet, tras realizar una búsqueda basada en la frase: “Propiedades de los elementos Químicos”:**



**A1.2.a** ¿Las propiedades mencionadas podrían clasificarse como propiedades de elementos?

**A1.2.b** Si según la siguiente imagen, las propiedades de los átomos podrían identificarse como:

## PROPIEDADES:

- Número atómico (Z).
- Numero de masa atómica (A).
- Isótopos.
- Masa atómica.
- Masa molecular.
- Número de avogadro.

Entonces, ¿por qué crees que también se presentan como propiedades de elementos?

**A1.2.c** ¿Puedes reconocer alguna propiedad que cualifique a un elemento pero no necesariamente a un átomo?, ¿por qué crees que es así?

**Figura 6:** Actividad A1.2 correspondiente al conjunto de Situación sin representaciones pictóricas móviles

En la segunda actividad, se pretendió problematizar las propiedades de los elementos y las propiedades de los átomos.

Hay numerosos antecedentes acerca de recurrentes errores conceptuales vinculados a estos saberes por parte de los estudiantes, tanto de nivel medio como en nivel universitario.

Para poder interpretar las propiedades de la materia no basta con aceptar el modelo corpuscular, es necesario además utilizarlo correctamente. Sin embargo, cuando los estudiantes lo utilizan tienden a atribuir propiedades erróneas a las partículas, utilizando en muchas ocasiones "ideas mixtas" entre sus propias concepciones y las científicas. Aparece una tendencia a interpretar el mundo microscópico de la materia en términos macroscópicos, atribuyendo a las partículas constituyentes de la materia propiedades similares a las de sus características observables. (Crespo, 1996, p.3)

Con el propósito de indagar acerca de las concepciones relacionadas a las propiedades y la asociación de estas con átomos y elementos, se aborda la problematización de ambos tipos de propiedades y la manera de identificarlas.

En el punto A.1.2.a la habilidad de pensamiento trabajada es "identificar", que según Bloom (1979) corresponde a las capacidades básicas que igualan en nivel jerárquico a "recordar".

Una vez que logren identificar un tipo específico de propiedades, se problematizan algunos conceptos aislados, de manera tal que se genere la necesidad de interpretar la nueva situación por medio de un modelo teórico específico, para reconocer los límites de validez en la asociación de las propiedades y las entidades en cuestión.

Por último, se propone ejemplificar y argumentar acerca de lo construido hasta el momento. Cabe destacar, que, desde un paradigma tradicional de la enseñanza de la Química, los conceptos se presentan generalmente como ideas aisladas, a partir de las cuales las relaciones son innecesarias. Sin embargo, cuando la identificación de propiedades se aborda con profundidad, se transforma en una estrategia de jerarquización de ideas supraordenadoras.

En la tercera actividad, se ponen en discusión las interpretaciones de: elemento químico y sustancia simple.

Los estudiantes que se inician en la Química tienen “dificultades para adquirir el concepto de sustancia pura y su capacidad de conceptualización llegará, en todo caso, a la noción de material (madera, aire, etc.) como toda aquella clase de materia caracterizada por algún rasgo relacionado con su utilidad o con algún fenómeno especialmente relevante para los alumnos, tal vez como una especie de “agente portador” de una propiedad: una especie de principio que muchas veces representa la sustancialización de una propiedad (Como cita Sanmartí, 1990 en Furió 2000, p. 304)

Si bien los estudiantes con los que se desarrolla el estudio pertenecen al nivel superior universitario y no universitario, cursan los primeros años de las carreras mencionadas. Por lo tanto, se encuentran desarrollando espacios curriculares correspondientes al ciclo básico común, en el caso de las ingenierías, y en los primeros años de la formación docente, donde se abordan las primeras Químicas: General e Inorgánica, respectivamente.

Se propone el análisis de dos definiciones, que claramente presentan disparidades y puntos debatibles.

A la luz de la propuesta de Bloom (1990), la capacidad analítica implica también habilidades de pensamiento como comparar, organizar, deconstruir, entre otras. Esto se plantea de este modo, de manera que los estudiantes puedan, más allá de leer y comprender una definición relativamente conocida, comparar e indagar diferencias y similitudes entre ambos enunciados, eligiendo la definición que consideren correcta y argumentando al respecto. Esto favorecerá la valoración de categorías propuestas.

**A1.3) Analiza las siguientes definiciones de elemento químico:**

Un elemento químico no se puede descomponer en otra sustancia más simple a través de una **reacción química**. Por eso sus átomos disponen de características físicas únicas. De todas maneras, **es importante no confundir los elementos químicos** (cuyos átomos cuentan con el mismo número de protones en su núcleo) **con las sustancias simples** (cuyas moléculas tienen una sola clase de átomos).

<https://www.definicionabc.com/ciencia/elementoquimico.php>

Una sustancia es materia que tiene una composición específica y propiedades específicas. **Cada elemento** (de la tabla periódica) **es una sustancia pura**. Cada compuesto puro es una sustancia.

<http://www.areaciencias.com/quimica/sustancias-puras.html>

**A.1.3.a** ¿Puedes identificar diferencias y similitudes entre ambas definiciones?

**A1.3.b** ¿Ambas definiciones son correctas?, si no es así, ¿cuál lo es, por qué?

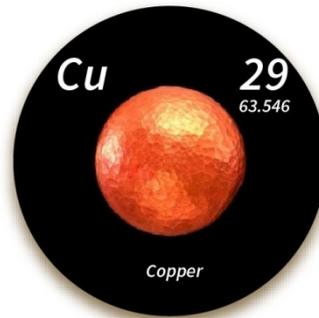
**Figura 7:** Actividad A1.3 correspondiente al conjunto de Situación sin representaciones pictóricas móviles

La actividad A.1.4, intenta continuar con el contexto problematizador abordado en el conjunto de situaciones anteriores, pero desde el planteo de un caso específico. Se trabaja con un elemento: El cobre.

Esta actividad pone en relación tres conceptos estructurantes centrales: átomo, elemento químico, propiedades intensivas (color).

Según los antecedentes, (Uria 2012, Órdenes 2014, De Posada Aparicio 1993, entre otros), hay evidencia de una marcada tendencia a confundir las propiedades según los distintos niveles submicroscópicos, microscópico y macroscópico de la materia. Y frecuentemente, no se debe al desconocimiento del modelo teórico asociado, sino a la desconexión o ausencia de interrelación entre ideas aisladas.

**A.1.4)** Teniendo en cuenta todos los aspectos discutidos, observa la siguiente imagen:



**A.1.4.a** ¿ El color del cobre es una propiedad intensiva característico del átomo de cobre o del elemento químico cobre?

**A.1.4.b** ¿Cuántos átomos se necesitan para formar un elemento químico?

**Figura 8:** Actividad A1.4 correspondiente al conjunto de Situación sin representaciones pictóricas móviles

Por último, y con el propósito de poner en diálogo “todos” los aspectos sujetos a discusión, se invita a “construir” una nueva definición de las tres ideas estructurantes que fueron analizadas en el desarrollo de las actividades anteriores.

Entre las habilidades de pensamiento superior, “construir” y “crear” suponen capacidades de pensamiento complejas, y su desarrollo demanda una tarea cognitiva que debiera poner en juego relaciones conceptuales de valor para nuestro estudio.

**A1.5)** Luego de las actividades resueltas, intenta expresar en forma escrita:

**A.1.5.a** Un átomo es...

**A.1.5.b** Un elemento químico es...

**A.1.5.c** Una sustancia pura es...

**Figura 9:** Actividad A1.5 correspondiente al conjunto de Situación sin representaciones pictóricas móviles

**d.2. Situaciones que incluyen representaciones pictóricas móviles, basadas en las Unidades de Análisis 1 (Actividades A.1.6 y A.1.7) y en la Unidad de Análisis 2 (Actividades desde A.2.1 a A.2.4):**

Este conjunto de situaciones, siguen de cierto modo el criterio de construcción de las situaciones anteriores, sin embargo, se incorporan imágenes móviles (GIF). El propósito de incluir este tipo de representaciones pictóricas móviles es abordar posibles análisis centrados en las interacciones y las interpretaciones que de ellas surjan.

La capacidad central en este conjunto de actividades es la “interpretación”. Bloom (1979) propone que la interpretación se vincula con la habilidad de pensamiento: comprender, la que pertenece al segundo nivel en su taxonomía.

Los primeros ítems de la actividad en cuestión proponen “identificar” e “interpretar”. Luego, se avanza sobre la “inferencia” intentando que el estudiante ponga en relación modelos teóricos, conceptos estructurantes, y establezca la mayor cantidad de interrelaciones posibles mediante la argumentación.

**A1.6) Observa la siguiente imagen GIF y señala:**

**A.1.6.a ¿Qué representan las esferas rojas?, ¿ Por qué son mayores que las amarillas?**

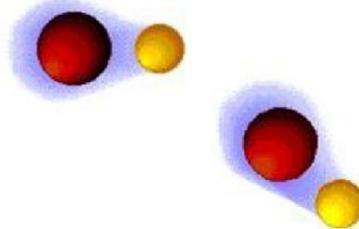
**A.1.6.a ¿Qué representan las esferas amarillas?**

**A.1.6.b ¿Por qué crees que se mueven de esa manera?**

**A.1.6.c ¿Qué producen estos movimientos?**

**A.1.6.d ¿Qué representa el área azul?**

**A.1.6.d ¿Qué propiedades periódicas podrías identificar?**



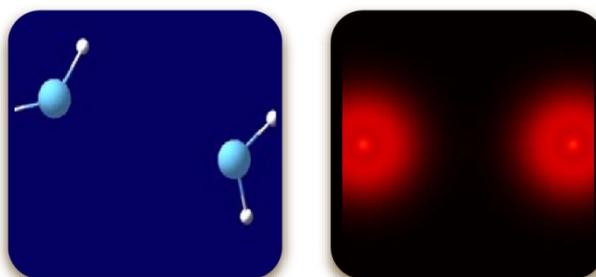
**Figura 10:** Actividad A1.6 correspondiente al conjunto de Situación con representaciones pictóricas móviles

En esta actividad, la atención está centrada en problematizar los tipos de uniones intermoleculares e intramoleculares, junto a todas las posibles ideas asociadas a las interacciones entre entidades químicas.

Se solicita explícitamente, “identificar” similitudes y diferencias, sin embargo, se da lugar también a la “ejemplificación” o a la “proposición de analogías”, a modo de estrategia para enriquecer la argumentación.

Si bien la ejemplificación se vincula con el segundo nivel de habilidades de pensamiento en la taxonomía de Bloom (1979), en función de la calidad y la cantidad de relaciones emergentes del análisis, podremos relacionar esta capacidad de pensamiento con un nivel más elevado.

**A1.7) Observa los siguientes gif animados:**



- A.1.7.a ¿Qué representan ambos gif?
- A.1.5.b ¿Puedes reconocer alguna diferencia?
- A.1.5.c ¿Y similitudes?

**Figura 11:** Actividad A1.7 correspondiente al conjunto de Situación con representaciones pictóricas móviles

La siguiente actividad corresponde al mismo conjunto de Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles, sin embargo, esta retoma la segunda unidad de análisis propuesta: Modelos explicativos válidos para interpretar fenómenos.

La actividad A2.1 propone la problematización de la precipitación desde una interpretación química y física. Se presenta la situación problemática basada en una discusión entre dos

adolescentes. A partir de ella, los estudiantes deben justificar sobre el modelo explicativo acertado, argumentando tal decisión.

Las capacidades de pensamiento puestas en juego buscan desplegarse de manera jerárquica a través del desarrollo de las actividades.

La planificación estratégica de las situaciones se pone en diálogo con la propuesta de Izquierdo-Aymerich (2000), cuando expresa que los modelos teóricos escolares deben ser evolutivos, es decir, deben mejorar dando razón de hechos cada vez más complejos, relacionándolos y unificándolos. (p.80)

En este punto, se relacionan las habilidades de pensamiento y el nivel de dificultad de las actividades, iniciando con la “justificación”, para luego abordar un proceso de “refutación de hipótesis” desde un posicionamiento teórico específico para finalizar con la argumentación.

Por ello, se construyen las secuencias didácticas intentando favorecer procesos de modelización, retomando dos aspectos fundamentales rescatados por Izquierdo-Aymerich (1999):

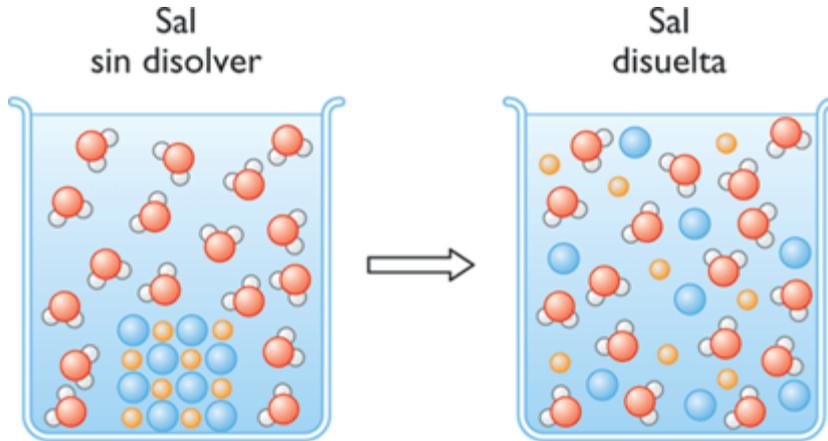
- **Construir qué es lo que se mira**, en función de este punto la situación se desarrolla en el contexto de un debate entre dos personas que “intentan comprender un fenómeno” desde dos puntos de vista distintos.
- **Construir qué es lo que se busca de él**, aspecto que hace hincapié en encontrar las regularidades que permiten interpretar simultáneamente grupos de fenómenos.

Nuevamente se da lugar a la ejemplificación y/o a la búsqueda de analogías para enriquecer posicionamientos y justificaciones, como una estrategia para poner en diálogo los hechos del mundo y el mundo de los fenómenos de los estudiantes. En este marco de ideas, el pensamiento teórico, que implica pensar el mundo mediante modelos, es un proceso que se favorece, siempre y cuando los modelos teóricos utilizados tengan “significado” en el mundo de los estudiantes

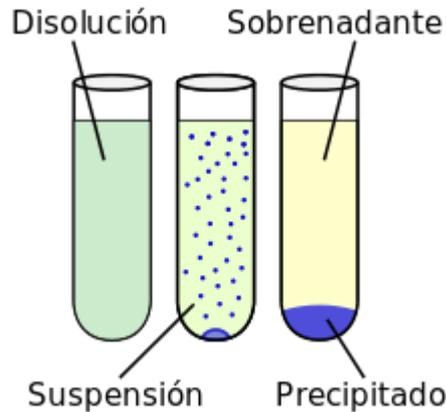
**A.2.1)** Abril y Alejandro están discutiendo si la precipitación es un fenómeno físico o químico. Analiza ambos argumentos:

**Argumento de Abril:** Precipitación como fenómeno físico

Al disolver sal en agua podremos observar que:



Si agregáramos una cantidad excedente de sal, podríamos apreciar:



**Argumento de Alejandro:** Precipitación como fenómeno Químico

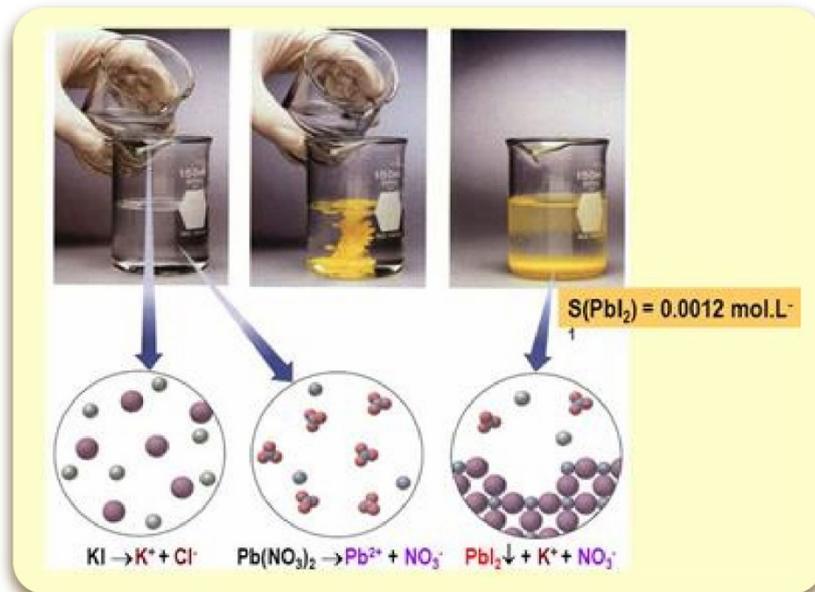
Si hacemos reaccionar:



- Intenta justificar cuál podría ser el modelo explicativo acertado argumentando sobre tu decisión.
- ¿Cómo refutarías ambas hipótesis desde las teorías químicas que conoces?
- A partir de este debate, ¿podrías asegurar que la precipitación es un fenómeno químico o físico?, ¿Por qué?

**Figura 12:** Actividad A2.1 correspondiente al conjunto de Situación con representaciones pictóricas móviles, primera parte

Observaremos:



A.2.1.a Intenta justificar cuál podría ser el modelo explicativo acertado argumentando sobre tu decisión.

A.2.1.b ¿Cómo refutarías ambas hipótesis desde las teorías químicas que conoces?

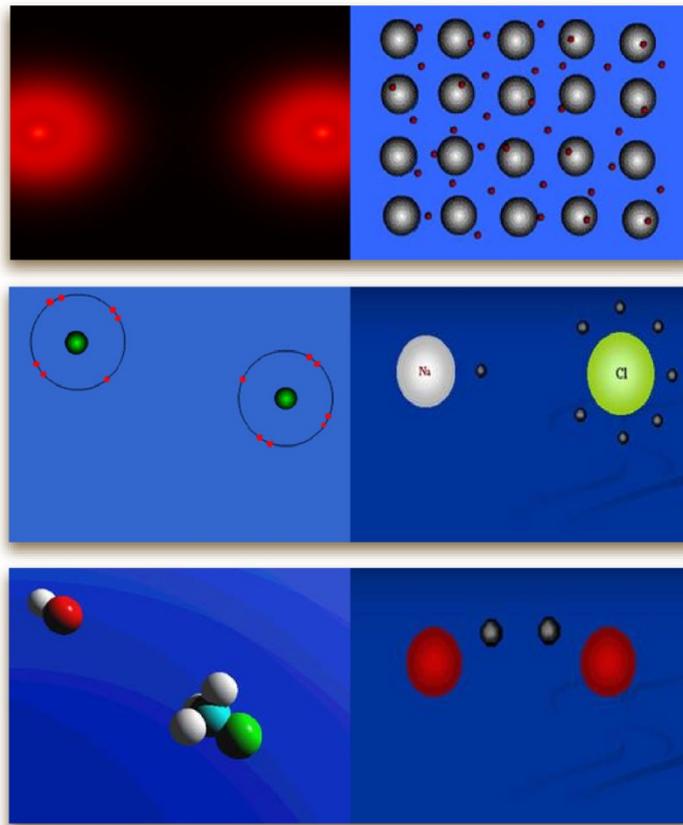
A.2.1.c A partir de este debate, ¿Podrías asegurar que la precipitación es un fenómeno químico o físico?, ¿Por qué?

**Figura 13:** Actividad A2.1 correspondiente al conjunto de Situación con representaciones pictóricas móviles, segunda parte.

La actividad A2.2 pretende trabajar con el concepto estructurante: uniones químicas dentro del modelo teórico del cambio químico. Se aborda la situación desde el segundo nivel de la taxonomía de Bloom (1979): “Comprender”, específicamente, se centra en su equivalente “explicar”. Esto favorece la comunicación por medio de argumentos, dando cuenta de los procesos de modelización e interpretación en función de las representaciones pictóricas móviles por parte de los estudiantes.

Indagar en la búsqueda de similitudes y diferencias, implica desarrollar habilidades de pensamiento centradas en comparar, identificar, conocer, entre otras, es decir capacidades inferiores, para luego proponer el análisis de modelos teóricos que puedan explicar los comportamientos observados y dar cuenta de las posibles interrelaciones entre imágenes. Por último, se solicita la ejemplificación a través de una situación real, asociada a cada representación, argumentando correspondientemente.

A.2.2.) A partir de las siguientes imágenes gif:



A.2.2.a Explica qué comportamiento se intenta representar en cada caso

A.2.2.b ¿En qué radican las diferencias de una imagen a otra?, ¿y las similitudes?

A.2.2.c ¿Qué teorías pueden ser aplicadas para explicar comportamientos observados?,

A.2.2.d ¿Por qué?

A.2.2.e ¿Puedes proponer un ejemplo real que se asocie a cada imagen y explicar tu elección?

**Figura 14:** Actividad A2.2 correspondiente al conjunto de Situación con representaciones pictóricas móviles

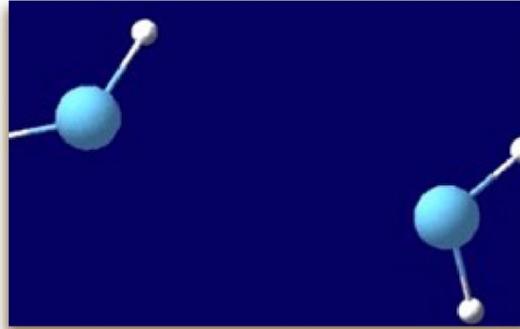
**A.2.3)** A partir de la siguiente imagen móvil, observa detenidamente y explica:

A.2.3.a ¿Qué está sucediendo?

A.2.3.b ¿Qué crees que representa cada una de las partes de esta representación?

A.2.3.c ¿Agregarías algo a la animación?

A.2.3.d ¿Criticarías algo?



**Figura 15:** Actividad A2.3 correspondiente al conjunto de Situación con representaciones pictóricas móviles

Esta actividad, a diferencia del conjunto de situaciones de la que forma parte, contiene dos ítems que pretenden propiciar que los estudiantes propongan posibles críticas constructivas y variaciones a las representaciones pictóricas móviles. El objetivo de este planteo es problematizar la actitud pasiva que se suele adoptar frente a materiales y recursos didácticos en general, y con las representaciones de todo tipo en particular, para transformarlas desde una posición crítica.

Debido a esto, los datos recogidos de los puntos A2.3.c y A2.3.d se analizarán de manera diferenciada al resto de las respuestas.

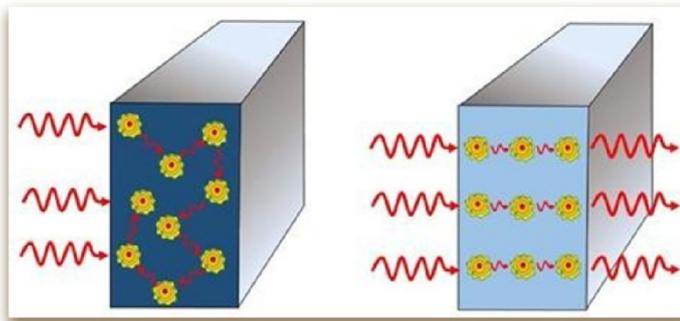
En líneas generales, esta actividad se focaliza en interpretar la representación pictórica móvil identificando el fenómeno de “Unión Puente Hidrógeno”, comprendiendo que este fenómeno no es otra cosa que un posible modelo teórico explicativo, y, por ende, requiere para su comprensión, el reconocimiento de alcances como también límites de validez.

Aunque a primera vista, el proceso de reconocimiento de entidades en esta representación parece no presentar mayores dificultades, es interesante valorar cómo son comprendidas y explicadas las posibles interacciones en relación con las percepciones de la estructura de la materia y las propiedades periódicas conocidas formalmente.

La última actividad, que implícitamente pretende integrar los aspectos problematizados en las situaciones anteriores, presenta el comportamiento de dos materiales distintos ante un mismo fenómeno a identificar.

La capacidad de pensamiento que se desea poner en juego fuertemente es la “inferencia”. Según la Taxonomía de Bloom (1979), esta forma parte del segundo nivel de habilidades de pensamiento, sin embargo, una vez que el estudiante logre identificar el fenómeno y abordar su interpretación desde un modelo teórico supraordenador, que vincule a más de un concepto estructurante y encuentre interrelaciones significativas, la actividad no estará reducida a inferir a nivel de comprensión, sino a inferir a nivel de “construcción”.

**A.2.4.)** La siguiente imagen representa las estructuras de dos materiales distintos:

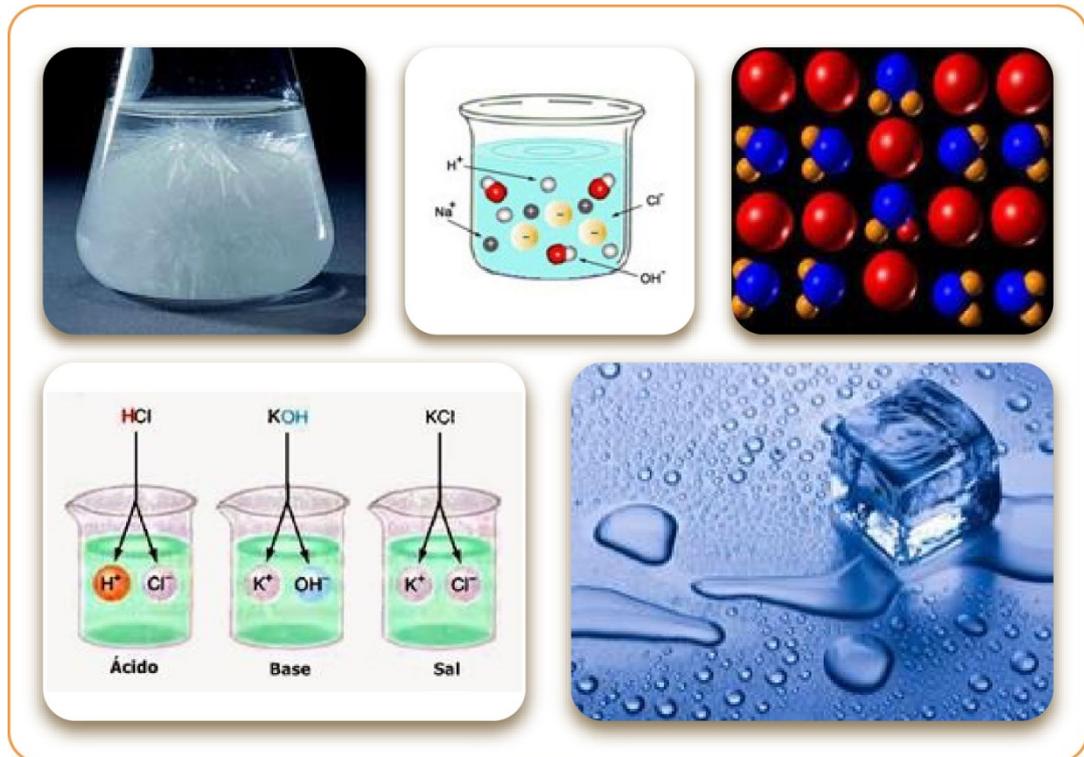


A.2.4.a ¿Podrías explicar qué fenómeno se está representando y lo que sucede en cada caso?

A.2.4.b Observa las siguientes imágenes e identifica qué estructura correspondería al material del primer caso, y cuál al del segundo. Argumenta por qué.



**Figura 16:** Actividad A2.4 correspondiente al conjunto de Situación con representaciones pictóricas móviles, primera parte



**Figura 17:** Actividad A2.4 correspondiente al conjunto de Situación con representaciones pictóricas móviles, segunda parte

### Segunda Etapa: Técnica de Análisis de Contenido

Este recurso metodológico se utiliza tanto para el estudio y abordaje de producciones enciclopédicas, e investigaciones científicas, como también en el análisis de las respuestas a las situaciones presentadas en la segunda etapa. Se trabajan categorías emergentes, estudiadas a la luz del marco teórico propuesto.

Se suele llamar análisis de contenido al conjunto de procedimientos interpretativos de productos comunicativos (mensajes, textos o discursos) que proceden de procesos singulares de comunicación previamente registrados, y que, basados en técnicas de medida, a veces cuantitativas (estadísticas basadas en el recuento de unidades), a veces cualitativas (lógicas basadas en la combinación de categorías) tienen por objeto elaborar y procesar datos relevantes sobre las condiciones mismas en que se han producido aquellos textos, o sobre las condiciones que puedan darse para su empleo posterior (Raigada, 2002, p.2)

Para desarrollar este recurso metodológico se aborda un estudio de categorías y subcategorías tanto apriorísticas como emergentes, por medio de la codificación, para:

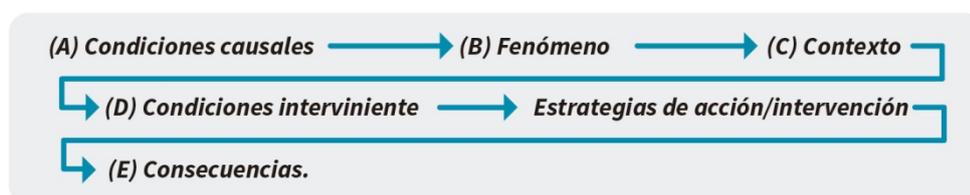
- ☞ Reconocer y analizar representaciones y modelos explicativos construidos por los estudiantes.
- ☞ Identificar y estudiar argumentaciones y conceptos estructurantes.
- ☞ Analizar construcciones de significados y significantes por medio de procesos de aproximaciones sucesivas.

Una vez que se obtengan los datos a partir de las resoluciones de las situaciones presentadas a ambos grupos de estudiantes, se procede a trabajar con las categorías y subcategorías, tanto de naturaleza apriorística como emergentes. A partir de ellas se procede a la codificación como medio para comenzar a leer e interpretar relaciones posibles.

En palabras de Vasilachis (2006):

Codificar supone siempre un *corte* o *fractura* de los datos. Por un lado, permite identificar y agrupar información descontextualizándola, es decir extrayéndola del texto original. Por otro lado, admite recuperarla en un nuevo texto (recontextualización) y comenzar a interrogarla para descubrir sus propiedades y dimensiones (subcategorías). (p.157)

Se trabaja con un tipo de codificación abierta, ya que los códigos pueden provenir tanto de las lecturas y la formación teórica del investigador (pre-codificación) o del lenguaje y las expresiones utilizadas por los actores (códigos *in vivo*). (Vasilachis, 2006). Tomando los aportes de Strauss y Corbin (1990: 99) se trabajará con el «paradigma de codificación», que cuenta con los siguientes elementos básicos para recolectar y ordenar datos de manera sistemática, buscando integrar estructura y procesos.



**Figura 18:** Elementos básicos del Paradigma de codificación (Strauss y Corbin ,1990, p.100)

## Categorías conceptuales que orientan el análisis del universo documental

Con el propósito de indagar en los procesos de modelización llevados a cabo por los estudiantes al enfrentarse a situaciones de aprendizaje vinculadas con la Teoría de la Estructura Atómica de la materia, se plantea el análisis de las respuestas obtenidas a la luz de un conjunto de categorías apriorísticas emergentes del seno del marco teórico, que vertebra esta investigación.

Se desarrollará a continuación el análisis de cada categoría propuesta especificando una breve descripción de las mismas, acompañadas de los significados que estas adquieren en nuestro estudio.

En la figura 19, se representa el organigrama de la estrategia didáctica propuesta. En ella, coexisten dos conjuntos de situaciones, como se aclaró anteriormente: las que no presentan representaciones pictóricas móviles y las que si presentan. Cada uno de estos conjuntos de situaciones, conformados por actividades, responde a una unidad de análisis específica (Unidad de Análisis teórica 1 y Unidad de Análisis teórica II).

Dentro de esta estructura, encontramos las categorías propuestas, que se subdividen en **categorías compartidas** por los dos conjuntos de situaciones, y **categorías no compartidas**, constituida por una categoría que solo incide sobre el segundo conjunto de situaciones.

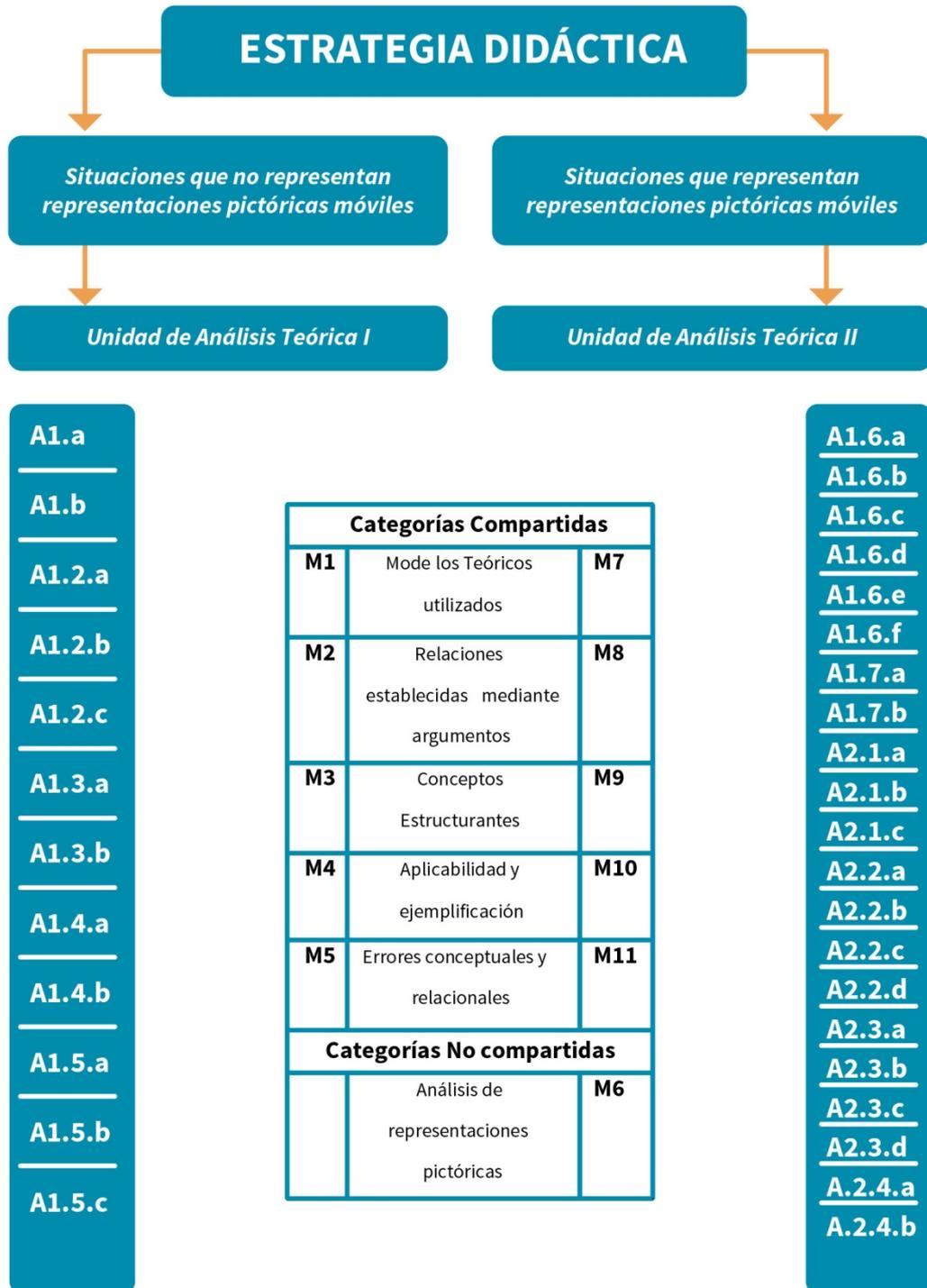


Figura 19: Organigrama General de la estrategia didáctica

Como se mencionó anteriormente, uno de los puntos de convergencia más significativos entre el Modelo Cognitivo de Ciencia y la propuesta de Ciencia Escolar, se centra en que el modelo de Giere considera que las características fundamentales de las ciencias son el pensamiento teórico y la metacognición. A partir de esta premisa, Izquierdo-Aymerich propone interactuar con el mundo mediante modelos teóricos. (p.82)

Es así, que, para el desarrollo de nuestro análisis, indagar los “**Modelos Teóricos Utilizados**” (M1 y M7) por los estudiantes, provee de importantes datos inherentes al proceso de modelización. Esta categoría es compartida por ambos grupos de situaciones, las que presentan y las que no presentan representaciones pictóricas móviles.

Al abordar los procesos de resolución de las situaciones propuestas, se espera que el estudiante deje entrever, por medio de argumentaciones, de qué manera interpreta el hecho en cuestión.

Por consiguiente, las codificaciones de esta categoría hacen referencia a:

- Interpretación de un hecho en términos de modelos teóricos explícitos, es decir, que el modelo teórico pueda expresarse mediante la argumentación en el proceso de resolución de la situación problema enfrentada, dando cuenta de posibles “regularidades” para interpretar un fenómeno o hecho.
- Interpretación de un hecho en términos de modelos teóricos implícitos, admitiendo la posibilidad de que el estudiante desarrolle la resolución de una actividad sin expresar explícitamente cuál es el modelo teórico utilizado, ya sea por no ser consciente de ello, o por no establecerlo.
- Interpretación de un hecho sin utilizar un Modelo Teórico definido. Es probable que se aborden resoluciones de situaciones desde la desconexión de ideas y conceptos estructurantes. En este caso, no existe una entidad supraordenadora que de sentido al conjunto en interacción.
- No interpreta el hecho. Esta codificación considera la posibilidad de que el estudiante no logre interpretar la situación.

Volviendo la mirada hacia los planteos de la propuesta de Ciencia Escolar, Izquierdo- Aymerich (2004) pone un gran énfasis en la importancia de trabajar las capacidades para pensar, hablar, sentir, y actuar en aras de lograr construcciones significativas cuando se abordan procesos de enseñanza y aprendizaje. Sobre las bases de las ideas expuestas, emerge la segunda categoría: **“Relaciones establecidas mediante argumentos” (M2 y M8)**. Cuando la argumentación se plantea desde una concepción de ciencia “en acción”, su finalidad se diversifica, buscando “intervenir para transformar”. Una tarea prioritaria para lograr este cometido es resignificar las interrelaciones.

Valorar las relaciones establecidas mediante argumentos, puede favorecer la comprensión vinculada a los procesos de modelización por parte de los estudiantes. De acuerdo con esto, se proponen las siguientes codificaciones:

- Argumenta estableciendo una relación formal entre el fenómeno y la interpretación. Esta codificación supone la construcción de relaciones significativas entre el hecho científico escolar que se está estudiando y la interpretación desarrollada. La significatividad de la relación estará definida por la calidad de las interrelaciones entre los conceptos estructurantes que conforman el modelo y la manera en que este modelo constituye “una manera de ver” lo que se pretende estudiar.
- No argumenta, ni establece relaciones, se limita a reproducir una definición. A menudo, la ausencia de relaciones está vinculada a la escasa comprensión del fenómeno o situación abordada. Es por ello que esta codificación contempla la tendencia de reducir una explicación a una definición aislada y desconexa, que no logra dar cuenta del suceso estudiado, pero demuestra conocimiento “acertado” sobre el saber en cuestión.
- No argumenta. Finalmente, es posible que el estudiante no argumente. La interpretación de esta codificación deberá fundamentarse necesariamente, a partir del cruzamiento de otras categorías.

La tercera categoría, hace referencia a los **“Conceptos Estructurantes” (M3 y M9)**. Cuando se hace referencia a este tipo de conceptos, debemos remitirnos, según lo analizado anteriormente, a pensar conceptos desde una interpretación “didáctica”, diferenciado del término ausubeliano.

Los conceptos estructurantes tienen una relación directa con un proceso de jerarquización dentro de la estructura cognitiva de los estudiantes. Es decir, estos conceptos didácticos están organizados y estructurados por la significatividad de las relaciones entre ellos.

En nuestra investigación, los conceptos estructurantes, junto a los hechos significativos son los principales componentes de los modelos teóricos escolares. El intentar valorar el proceso de identificaciones de estos conceptos didácticos cuando los estudiantes resuelven una situación de aprendizaje, favorecerá la comprensión de procesos de modelización, que pretendemos indagar.

En relación con las implicaciones anteriores, la codificación para esta categoría consta de los siguientes puntos:

- Resuelve las situaciones identificando conceptos estructurantes. Una vez que el estudiante interpreta el enunciado y aborda el análisis para construir posibles soluciones, identificar los conceptos que de alguna manera vertebran la situación a la luz de un modelo teórico específico, permite reorganizar significativamente los saberes puestos en juego.
- Resuelve las situaciones sin identificar conceptos estructurantes. Esta codificación considera la posibilidad de una interpretación desconexa y descontextualizada, basada en la incapacidad de identificar conceptos y establecer relaciones.
- No resuelve las situaciones. La última codificación, tal como se ha planteado en las categorías anteriores, prevé la posibilidad de la ausencia de resolución.

La siguiente categoría se relaciona con la necesidad de generar experiencia química en los estudiantes para que puedan formular preguntas y dar sentido a lo que se pretende aprender. Debido a que las situaciones que se presentan constan de actividades de naturaleza analítica, se propone trabajar con la doble categoría: “**Aplicabilidad y ejemplificación**” (M4 y M10). En este sentido, se asume que cuando el estudiante es capaz de aplicar y/o ejemplificar, logra identificar regularidades y construir relaciones que le permiten interpretar una nueva situación que sirva de ejemplo o aplicación del fenómeno inicial.

La codificación subyacente a esta categoría comprende las siguientes posibilidades:

- Propone aplicaciones y/o ejemplificaciones demostrando claridad conceptual.
- Propone aplicaciones y/o ejemplificaciones demostrando dificultades conceptuales.
- No propone aplicaciones ni ejemplificaciones.

Toda reflexión derivada del análisis de esta categoría se inscribe en la relevancia de la calidad y tipo de relaciones que se establezcan, entre los conceptos estructurantes, los modelos teóricos utilizados y los posibles errores conceptuales emergentes del propio proceso.

La última de las categorías compartidas es: “**Errores conceptuales y relacionales**” (M5 y M11). Para desarrollar su descripción y significado, presentaremos las codificaciones:

- Desarrolla explicaciones adecuadas, donde las conclusiones son claras, organizadas, con relaciones pertinentes y sin errores conceptuales.
- Desarrolla explicaciones basadas en conceptos acertados, pero relaciones erróneas
- Desarrolla explicaciones poco claras, basadas en conceptos acertados, pero en ausencia de relaciones.
- Desarrolla explicaciones poco claras, con presencia de conceptos y relaciones erróneas.
- No explica.

De los puntos anteriores, podemos definir los ejes analíticos que atraviesan esta categoría:

- Capacidad explicativa.
- Claridad y organización de conclusiones.
- Pertinencia en las relaciones.
- Errores conceptuales específicos.

Dentro de este orden de ideas, las relaciones entre los ejes anteriores cobran puntual importancia.

El criterio a la luz del cual fueron construidas las codificaciones de cada categoría respeta un orden ascendente de acierto, es decir, las primeras codificaciones corresponden a las condiciones más propicias de desempeño por parte de los estudiantes. En función de esta tendencia, se fundamenta la relevancia de las relaciones, ya que se pretende valorar el grado de adecuación de las explicaciones, a partir del análisis de la claridad y organización de las conclusiones, en diálogo con la pertinencia de las relaciones y la existencia de errores conceptuales en el desarrollo de las situaciones planteadas.

Con respecto al conjunto de situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles, encontramos una categoría no compartida: “**Análisis de representaciones pictóricas**

### **móviles” (M6).**

Las codificaciones posibles para ella son:

- Interpreta las representaciones pictóricas móviles teniendo en cuenta niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico para establecer relaciones y conexiones.
- Interpreta las representaciones pictóricas móviles por medio de conceptos aislados y desconexos.
- No interpreta las representaciones pictóricas móviles.

Del análisis precedente, basado en las evidencias que datan sobre la tendencia de los estudiantes de nivel medio y universitario a confundir los niveles submicroscópico, microscópico y macroscópico de la materia (Maite et. al.,2009), se plantea el análisis de interpretaciones pictóricas a la luz de las relaciones y posibles conexiones.

Se presenta a continuación un cuadro general con las categorías, codificación y símbolos según el conjunto de situaciones correspondientes.

SIMBOLO	CATEGORÍA	CODIFICACION	SIMBOLO
M1	Modelos Teóricos utilizados	● Interpreta un hecho en términos de Modelos Teóricos Explícitos	A
		● Interpreta un hecho en términos Modelos Teóricos Implícitos	B
		● Interpreta un hecho sin utilizar un Modelo Teórico definido	C
		● No interpreta el hecho	D
M2	Relaciones establecidas mediante argumentos	● Argumenta estableciendo una relación formal entre el fenómeno y la interpretación	A
		● No argumenta, ni establece relaciones, se limita a reproducir una definición	B
		● No argumenta	C
M3	Conceptos Estructurantes	● Resuelve las situaciones identificando conceptos estructurantes	A
		● Resuelve las situaciones sin identificar conceptos estructurantes	B
		● No resuelve las situaciones	C
M4	Aplicabilidad y ejemplificación	● Propone aplicaciones y/o ejemplificaciones demostrando claridad conceptual.	A
		● Propone aplicaciones y/o ejemplificaciones demostrando dificultades conceptuales	B
		● No propone aplicaciones ni ejemplificaciones	C
M5	Errores conceptuales relacionales	● Desarrolla explicaciones adecuadas, donde las conclusiones son claras, organizadas, con relaciones pertinentes y sin errores conceptuales.	A
		● Desarrolla explicaciones basadas en conceptos acertados, pero relaciones erróneas	B
		● Desarrolla explicaciones poco claras, basadas en conceptos acertados, pero en ausencia de relaciones	C
		● Desarrolla explicaciones poco claras, con presencia de conceptos y relaciones erróneas.	D
		● No explica	E
M6	Análisis de representaciones pictóricas móviles	● Interpreta las representaciones pictóricas móviles teniendo en cuenta niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico para establecer relaciones y conexiones.	A
		● Interpreta las representaciones pictóricas móviles por medio de conceptos asilados y desconexos.	B
		● No interpreta las representaciones pictóricas móviles.	C

**Tabla 6:** Categorías, codificación y símbolos para situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles.

SIMBOLO	CATEGORÍA	CODIFICACION	SIMBOLO
M7	Modelos Teóricos utilizados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interpreta un hecho en términos Modelos Teóricos Explícitos</li> </ul>	A
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Interpreta un hecho en términos Modelos Teóricos Implícitos</li> </ul>	B
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Interpreta un hecho sin utilizar un Modelo Teórico definido</li> </ul>	C
		<ul style="list-style-type: none"> <li>No interpreta el hecho</li> </ul>	D
M9	Conceptos Estructurantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resuelve las situaciones identificando conceptos estructurantes</li> </ul>	A
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Resuelve las situaciones sin identificar conceptos estructurantes</li> </ul>	B
		<ul style="list-style-type: none"> <li>No resuelve las situaciones</li> </ul>	C
M10	Aplicabilidad y ejemplificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Propone aplicaciones y/o ejemplificaciones demostrando claridad conceptual.</li> </ul>	A
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Propone aplicaciones y/o ejemplificaciones demostrando dificultades conceptuales</li> </ul>	B
		<ul style="list-style-type: none"> <li>No propone aplicaciones ni ejemplificaciones</li> </ul>	C
M11	Errores conceptuales y relacionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrolla explicaciones adecuadas, donde las conclusiones son claras, organizadas, con relaciones pertinentes y sin errores conceptuales.</li> </ul>	A
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrolla explicaciones basadas en conceptos acertados, pero relaciones erróneas</li> </ul>	B
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrolla explicaciones poco claras, basadas en conceptos acertados, pero en ausencia de relaciones</li> </ul>	C
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrolla explicaciones poco claras, con presencia de conceptos y relaciones erróneas.</li> </ul>	D
		<ul style="list-style-type: none"> <li>No explica</li> </ul>	E

**Tabla 7:** Categorías, codificación y símbolos para Situaciones que se presentan representaciones pictóricas móviles.

### **Tercera Etapa: Estudio Estadístico Descriptivo**

Se llevó a cabo el análisis de resultados a partir de un estudio estadístico descriptivo. Una vez que finalizó la etapa de recolección de datos por medio de la categorización y codificación de la información, se procedió a desarrollar un proceso de tabulación, elaborando tablas cruzadas para comparar resultados según categorías apriorísticas propuestas.

Además, se elaboró un “Ranking de respuestas” con el propósito de valorar tendencias relevantes, entre otras.

Los procedimientos estadísticos desarrollados se pueden resumir así:

- Distribución de respuestas según categorías
- Distribución de categorías según respuestas
- Ranking de respuestas
- Entrecruzamiento de categorías

### **Cuarta Etapa: Entrevistas de valoración de propuesta didáctica**

Se desarrollaron entrevistas desestructuradas personalizadas a seis estudiantes del total de la población que había resuelto las situaciones planteadas en la primera etapa del marco metodológico.

Mediante este recurso, se indagaron aspectos vinculados con:

- 1) Valoración de la estrategia didáctica por parte de los estudiantes.
- 2) Explicación de los procesos y capacidades puestos en juego al resolver una situación específica.
- 3) Valoración de la actividad argumentativa como parte de la resolución de situaciones problemáticas.
- 4) Importancia del abordaje del proceso de enseñanza y aprendizaje a partir de la identificación de modelos teóricos y conceptos estructurante comprendidos como “maneras de interpretar un fenómeno e ideas vertebradoras”, respectivamente.
- 5) Valoración de actividades metacognitivas y de autorregulación en el planteo de situaciones de resolución.

## **CAPITULO VI:**

### **PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

---

Luego de la recolección de datos por medio del recurso metodológico construido, se procedió a confeccionar las tablas de reducción de datos a la luz de las categorías, codificaciones y símbolos propuestos. Esta labor se llevó a cabo, mediante el software Excel, a través del cual se analizó transversalmente cada categoría compartida y no compartida, correspondientemente, cruzando las treinta actividades con la resolución propuesta por cada estudiante.

Del total de situaciones propuestas, dos de ellas (A2.3.c y A2.3.d) se abordaron desde un análisis valorativo, que centró su propósito en indagar la capacidad de transformación y análisis cualitativo de los recursos didácticos por parte de los estudiantes, en vínculo con procesos de metacognición y autorregulación. Este es analizado, luego del análisis de los demás datos.

A partir de la tabulación general, se confeccionaron una serie de tablas cruzadas para analizar:

1. Distribución de la codificación para resultados según categorías en ambos conjuntos de situaciones.
2. Distribución de categorías según codificaciones en ambos conjuntos de situaciones.
3. Comparación de algunas categorías comprendidas en ambos conjuntos de situaciones.
4. Ranking de respuestas según la calidad de las codificaciones por actividades.
5. Entrecruzamiento de categorías.

## DESARROLLO DEL ANÁLISIS:

Distribución de la codificación para resultados según categorías:

Para situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles:

<b>MAYORES FRECUENCIAS OBSERVADAS</b>			
<b>Situaciones sin Representaciones pictóricas móviles</b>			
<b>Categorías</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Mayor Fr</b>	<b>Porcentaje</b>
Modelos Teóricos utilizados	M1	C	39%
Relaciones establecidas mediante argumentos	M2	B	53%
Conceptos Estructurantes	M3	B	50%
Aplicabilidad y ejemplificación	M4	C	88%
Errores conceptuales y relacionales	M5	C	31%

**Tabla 8:** Distribución de mayores frecuencias observadas en Situaciones sin Representaciones pictóricas móviles

Al analizar la distribución de la codificación para los resultados obtenidos según categorías, presentadas en la Tabla 8 y Figura 20, respectivamente, para situaciones sin Representaciones pictóricas móviles, se observó que:

- Aproximadamente el 40% de los estudiantes obtuvieron C (Interpreta un hecho sin utilizar un Modelo Teórico definido) en la categoría: Modelos Teóricos utilizados (M1)
- El 53% de los estudiantes obtuvieron B (No argumenta, ni establece relaciones, se limita a reproducir una definición) en la categoría: Relaciones establecidas mediante argumentos. (M2)
- El 50% de los estudiantes obtuvieron B (Resuelve las situaciones sin identificar conceptos estructurantes) en la categoría: Conceptos Estructurantes. (M3)
- En la categoría referente a la aplicabilidad y ejemplificación (M4), aproximadamente el 90% de los estudiantes obtuvieron C (No propone aplicaciones ni ejemplificaciones)
- Por último, en la categoría “Errores conceptuales y relacionales” (M5), el 30% de los estudiantes obtuvieron C (Desarrolla explicaciones poco claras, basadas en conceptos acertados, pero con ausencia de relaciones).

De los datos anteriores, es posible resaltar algunas tendencias particulares, que ameritan un abordaje a la luz del marco teórico que sustenta esta investigación.

En primer lugar, destacaremos que aproximadamente la mitad de la población estudiada muestra una tendencia a no argumentar, ni establecer relaciones cuando intenta resolver una situación problemática, sino por el contrario, se remite a definir conceptos de forma aislada. De esta manera, si la evaluación y la actividad no tuvieran en cuenta, al momento de ser planificadas, las capacidades que el estudiante debe desarrollar en torno al saber puesto en cuestión, la respuesta debiera, erróneamente, considerarse parcialmente acertada. Esto sucede así, porque al reducir el objetivo de la actividad al tratamiento aislado de un concepto, no se aborda un hecho científico que construya experiencia química según Izquierdo- Aymerich (2000), sino que se desarrolla una visión estática y descontextualizada de la Química, poco útil para explicar, interpretar y predecir fenómenos reales.

La misma proporción (50%), evidencia que los estudiantes resuelven situaciones problema sin identificar conceptos estructurantes. Esto, da indicios de un abordaje acrítico de las actividades, en el que no se reconocen las ideas vertebradoras de la cuestión en análisis y mucho menos de las relaciones que subyacen de esos conceptos estructurantes.

En efecto, la capacidad de interpretar un fenómeno real, a la luz de un modelo teórico escolar, que proporcione una manera de ver al mundo, se dificulta, como así también la capacidad de trasponer estos modelos para dar cuenta de hechos científicos fuera del contexto escolar por medio de la identificación y comprensión de ejemplos y aplicaciones.

Los resultados asociados a estas dos últimas categorías, M1 (Modelos teóricos utilizados), y M4 (Aplicabilidad y ejemplificación) con sus valores porcentuales: 40% de los estudiantes interpreta un hecho sin definir un modelo teórico particular y un 90% de la población, que no logra capacidades vinculadas con la ejemplificación y la aplicación, están dando cuenta de los resultados y tendencias subrayadas.

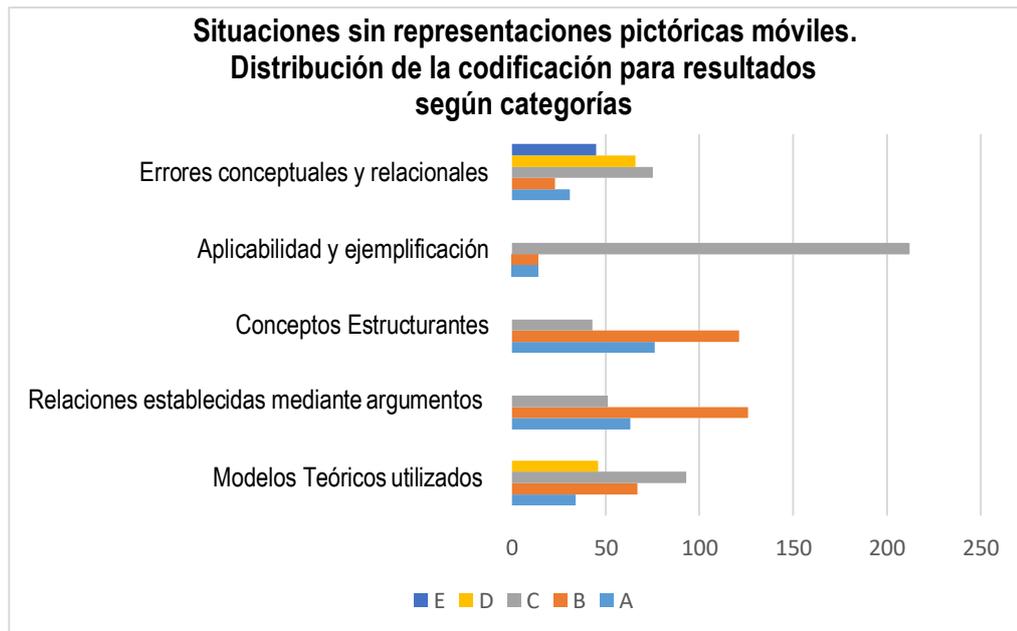
Por ejemplo, en la actividad A1.2.a se muestra una imagen hallada en internet, tras la búsqueda: "Propiedades de los elementos químicos". En la imagen figuran las siguientes palabras:

Número atómico-Masa Atómica-Electronegatividad de Pauling-Densidad- Punto de Ebullición-entre otros.

La tarea consistió en responder si las propiedades mencionadas podrían clasificarse como propiedad de elementos. Demostrando lo asumido anteriormente, se cita la respuesta del estudiante 6:

“Las propiedades pueden ser mencionadas como propiedades químicas ya que cada propiedad ayuda a describir el comportamiento y característica de un elemento químico. Ellos indican las similitudes y diferencias que tienen los elementos de la tabla periódica”.

Se aprecia en este ejemplo, que el estudiante no logra utilizar un modelo teórico definido, ni mucho menos identificar las ideas vertebradoras que le están dando sentido a la situación. Es por esto que no responde específicamente la consigna, y se basa en una definición tradicional en ausencia de relaciones de valor.



**Figura 20:** Distribución de la codificación para resultados según categorías, para situaciones sin representaciones pictóricas móviles.

### Para situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles

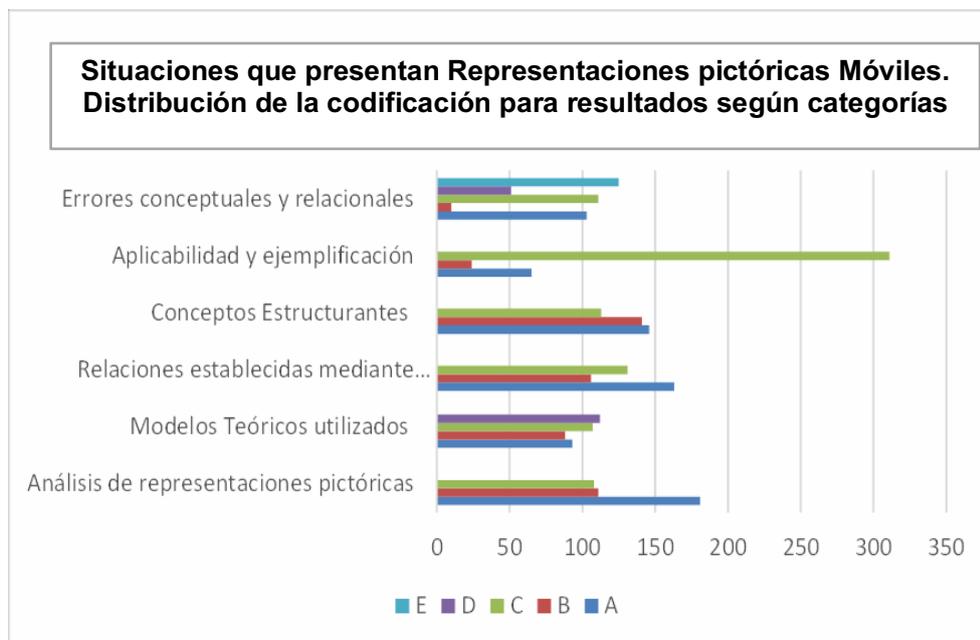
MAYORES FRECUENCIAS OBSERVADAS Situaciones con Representaciones pictóricas móviles			
Categorías	Símbolos	Mayor Fr	Porcentaje
Análisis de Representaciones pictóricas móviles	M6	A	45%
Modelos Teóricos utilizados	M7	D	28%
Relaciones establecidas mediante argumentos	M8	A	41%
Conceptos Estructurantes	M9	A	37%
Aplicabilidad y ejemplificación	M10	C	78%
Errores conceptuales y relacionales	M11	E	31%

**Tabla 9:** Distribución de mayores frecuencias de codificaciones por categoría observadas en Situaciones con Representaciones pictóricas móviles

Al analizar la distribución de codificaciones según los resultados para cada categoría presentada en la Tabla 9, Figura 21, respectivamente, correspondientes a situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles, se observó que en función de las mayores frecuencias para las codificaciones, se puede valorar que:

- El 45% de los estudiantes obtuvieron A (Interpreta las Representaciones pictóricas móviles teniendo en cuenta niveles: macroscópico, submicroscópico y simbólico para establecer relaciones y conexiones.) en la categoría: Análisis de Representaciones pictóricas móviles (M6)
- Aproximadamente el 30% de los estudiantes obtuvieron D (No interpreta el hecho) en la categoría: Modelos Teóricos utilizados. (M7)
- El 41% de los estudiantes obtuvieron A (Argumenta estableciendo una relación formal entre el fenómeno y la interpretación) en la categoría: Relaciones establecidas mediante argumentos. (M8)
- El 37% de los estudiantes obtuvieron C (No resuelve las situaciones) en la categoría: Conceptos Estructurantes. (M9)
- En la categoría referente a la aplicabilidad y ejemplificación (M10), aproximadamente el 80% de los estudiantes obtuvieron C (No propone aplicaciones ni ejemplificaciones)

- Por último, en la categoría “Errores conceptuales y relacionales” (M11), el 31% de los estudiantes obtuvieron E (No explica)



**Figura 21:** Distribución de la codificación para resultados según categorías, para situaciones que presentan Representaciones pictóricas móviles.

Aproximadamente la mitad de los estudiantes, son capaces de interpretar representaciones pictóricas móviles identificando los distintos niveles de la materia. A partir de esta capacidad, establecen relaciones y conexiones entre el fenómeno en estudio y el modelo teórico a la luz del cual lo interpretan.

En convergencia con esta tendencia, se observó que un porcentaje similar (41%) lograron argumentar estableciendo relaciones formales entre el hecho científico escolar y el modelo teórico vinculado.

A diferencia de los resultados anteriores, es posible detectar una gran discrepancia en la distribución porcentual vinculadas a las categorías M7: Modelos teóricos utilizados en situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles, M9: Conceptos estructurantes en el mismo tipo de situaciones, y M11: Errores conceptuales y relacionales. Las codificaciones para cada una de estas categorías 30%, 37% y 31%, respectivamente, dan cuenta de la presencia de situaciones en las que los estudiantes no logran interpretar el fenómeno analizado, por ende, tampoco consiguen resolver ni explicar la situación estudiada. Si

consideramos una actividad específica, como por ejemplo la A1.6.f, que propone analizar una imagen móvil GIF e identificar las propiedades periódicas como parte del fenómeno. La mayoría de las respuestas a esta pregunta puntualizaron en nombrar y listar propiedades periódicas, sin argumentar sobre las relaciones que las ligaban el fenómeno en estudio.

## Distribución de categorías según resultados en ambos conjuntos de situaciones.

### Para situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles:

En la figura 22, se especifica la distribución de categorías de acuerdo a las codificaciones obtenidas de las situaciones que no presentan Representaciones pictóricas móviles. Es decir, se evalúa cuál fue la categoría que presentó mayor frecuencia para cada codificación.

Del total de estudiantes que obtuvieron:

- “A”, la mayoría fue en la categoría “Conceptos Estructurantes”. La codificación correspondiente a esa categoría es: Resuelve las situaciones identificando conceptos estructurantes
- “B”, la mayoría fue en la categoría “Relaciones establecidas mediante argumentos”. La codificación correspondiente a esa categoría es: No argumenta, ni establece relaciones, se limita a reproducir una definición.
- “C”, la mayoría fue en la categoría “Aplicabilidad y Ejemplificación”. La codificación correspondiente a esa categoría es: No propone aplicaciones ni ejemplificaciones.
- “D”, la mayoría fue en la categoría “Errores Conceptuales y relacionales”. La codificación correspondiente a esa categoría es: Desarrolla explicaciones poco claras, con presencia de conceptos y relaciones erróneas.

Mediante esta distribución de respuestas por categoría, podemos apreciar cuál de las categorías, presentó mayor frecuencia de cada codificación, teniendo en cuenta que las codificaciones fueron confeccionadas partiendo de un nivel de desempeño alto para luego disminuir paulatinamente por cada código descendente.

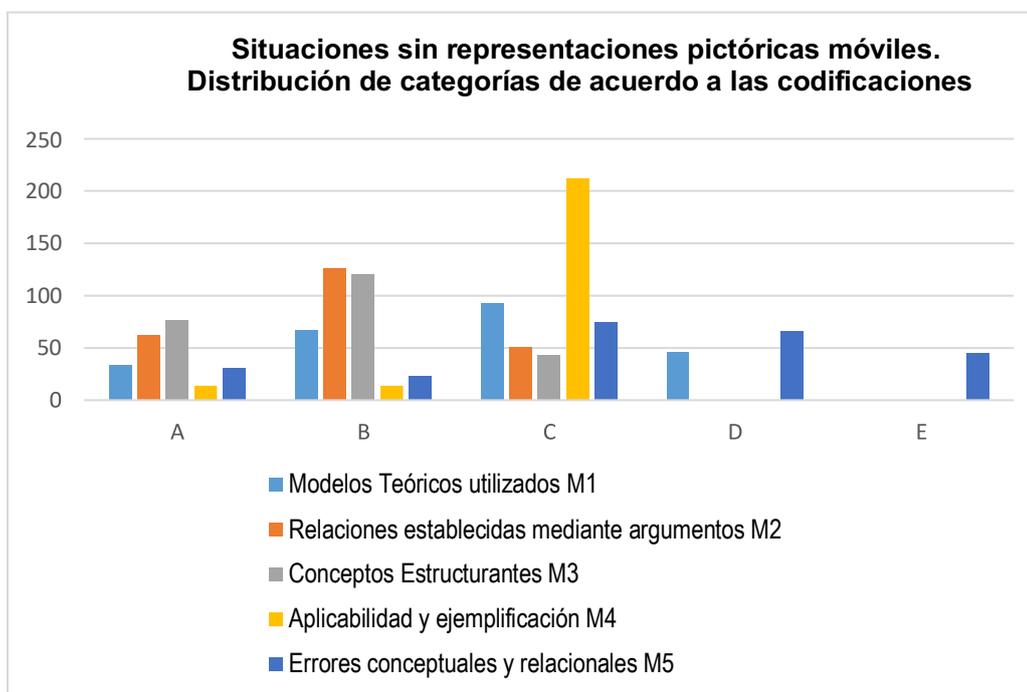
Podemos visualizar este comportamiento recuperando a manera de ejemplo, la respuesta del estudiante 18, cuando resuelve la actividad A1.2.c.

Se plantea la siguiente pregunta: ¿Puedes reconocer alguna propiedad que cualifique a un elemento, pero no necesariamente a un átomo?, ¿Por qué crees que es así?

La respuesta del estudiante: “Todos los elementos están formados por átomos que poseen las mismas propiedades (número atómico, másico, etc.). Cuando vemos el número másico de Sodio - 22,9 -por ejemplo, estamos hablando de 1 mol de Na que pesa 23 gramos aproximadamente que equivale a  $6,022 \times 10^{23}$  átomos de sodio.”

Se puede apreciar en este caso la codificación destacada en la distribución actual. En base a los resultados se observó:

En la categoría M3, el estudiante resuelve la situación identificando los conceptos estructurantes (A). Sin embargo, no argumenta ni establece relaciones, sino que se remite nuevamente a una definición (B) de la categoría (M2). En cuanto a las ejemplificaciones y aplicaciones (M4) no las propone (C), y como no puede resolver específicamente la consigna, no explica (Codificación E, de la categoría M5).



**Figura 22:** Distribución de categorías de acuerdo a las codificaciones, para situaciones sin representaciones Pictóricas móviles.

### Para situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles:

En la figura 23, se especifica la distribución de categorías de acuerdo a las codificaciones obtenidos de las situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles:

Del total de estudiantes que obtuvieron:

- “A”, la mayoría fue en la categoría “Análisis de Representaciones pictóricas móviles” (M6) La codificación correspondiente a esa categoría es: Interpreta las Representaciones pictóricas móviles teniendo en cuenta niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico para establecer relaciones y conexiones.
- “B”, la mayoría fue en la categoría “Conceptos Estructurantes” (M9) La codificación correspondiente a esa categoría es: Resuelve las situaciones sin identificar conceptos estructurantes.
- “C”, la mayoría fue en la categoría “Aplicabilidad y Ejemplificación” (M10). La codificación correspondiente a esa categoría es: No propone aplicaciones ni ejemplificaciones.
- “D”, la mayoría fue en la categoría “Modelos Teóricos utilizados” (M7). La codificación correspondiente a esa categoría es: No interpreta el hecho.

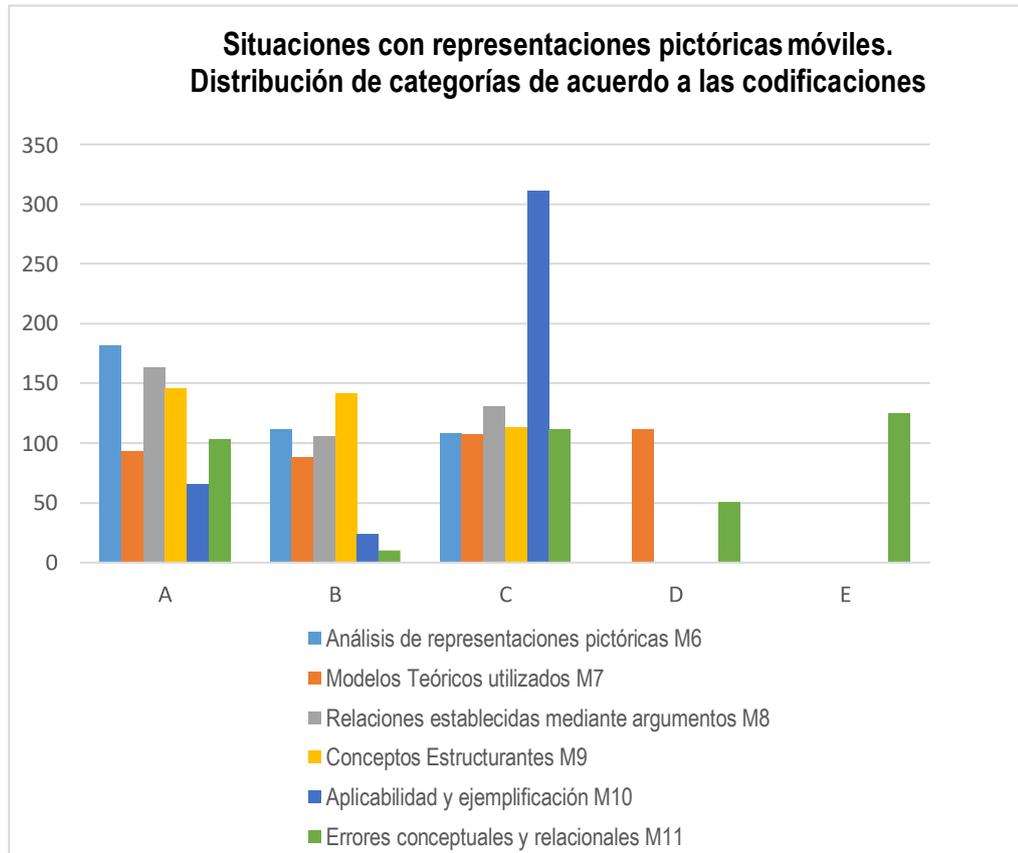
Para ejemplificar esta tendencia, citaremos la respuesta del estudiante 10 con respecto a la actividad A1.6.a, la cual representa satisfactoriamente la mayoría de las codificaciones, exceptuando la D de la categoría (M7).

“Las esferas rojas y amarillas representan diferentes tipos de átomos. Unas son mayores que otras debido a sus diferentes propiedades periódicas, que hacen que su tamaño varíe.”

A la luz de esta respuesta se observó que el alumno logró interpretar las representaciones involucradas, identificando los niveles, en función de lo cual establece relaciones y conexiones lógicas. (Codificación A de la categoría M6). Sin embargo, resuelve la situación sin identificar conceptos estructurantes (Codificación B para la categoría M9) ni ejemplificar o aplicar el hecho estudiado (Codificación C de la categoría M10).

El caso analizado, presenta una codificación B para la categoría M7: Interpreta un hecho en términos de un modelo teórico implícito, a diferencia del resaltado en la tendencia: D no interpreta el hecho. Pero de igual manera lo proporcionamos como ejemplo porque representa

la tendencia general.

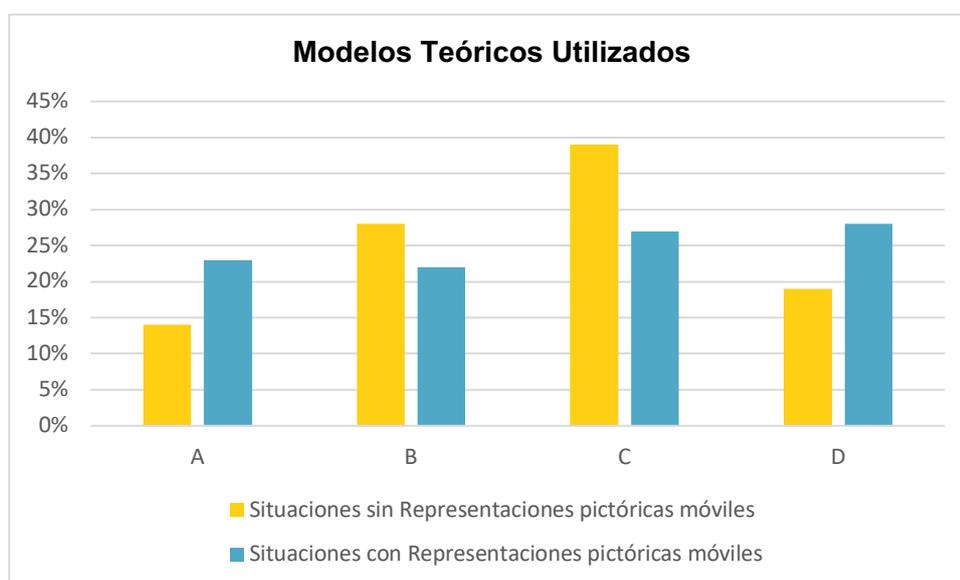


**Figura 23:** Distribución de categorías de acuerdo a las codificaciones, para situaciones que presentan Representaciones pictóricas móviles.

**Comparación entre categorías para situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles y para las situaciones que sí las presentan**

Modelos Teóricos utilizados	Situaciones sin Representaciones pictóricas móviles	Situaciones con Representaciones pictóricas móviles
<b>A</b>	14%	23%
<b>B</b>	28%	22%
<b>C</b>	39%	27%
<b>D</b>	19%	28%
	100%	100%

**Tabla 10:** Comparación de las categorías compartidas (M1 y M7) para los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles



**Figura 24:** Comparación porcentual de la categoría compartida M1 y M7 en los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles

Al comparar las codificaciones para la categoría compartida: Modelos Teóricos Utilizados (M1 y M7) se observó que:

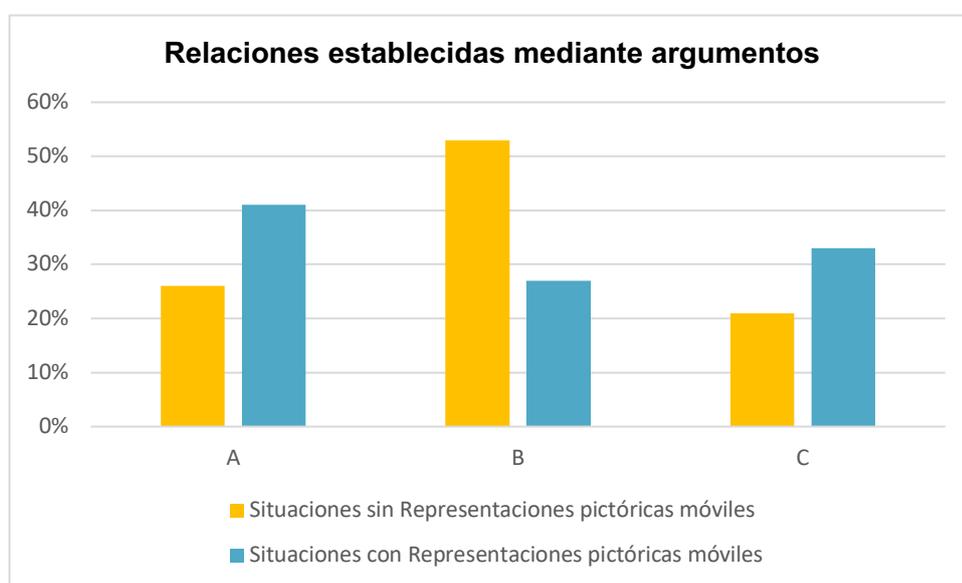
Las codificaciones A (Interpreta un hecho en términos Modelos Teóricos Explícitos) y D (No interpreta el hecho) muestran mayor frecuencia para el conjunto de situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles. Podríamos deducir, que los dos extremos de esta

categoría son encontrados con mayor fortaleza cuando se resuelven situaciones que incluyen este tipo de representaciones, suponiendo que en el caso de lograr interpretar un fenómeno utilizando un modelo teórico explícito, el hecho de trabajar con situaciones que presenten representaciones pictóricas móviles, propician esta capacidad.

Por su parte, las codificaciones B (Interpreta un hecho en términos Modelos Teóricos Implícitos) y C (Interpreta un hecho sin utilizar un Modelo Teórico definido), encuentran valores mucho más pronunciados para las situaciones que no presentan representaciones pictóricas. Esto podría dar cuenta de la tendencia por parte de aproximadamente el 40% de los estudiantes, a resolver las situaciones sin acudir a un modelo teórico definido, ya sea porque no lo identifican o porque interpretan el fenómeno sin integrar significados.

Relaciones establecidas mediante argumentos	Situaciones sin Representaciones pictóricas móviles	Situaciones con Representaciones pictóricas móviles
A	26%	41%
B	53%	27%
C	21%	33%
	100%	100%

**Tabla 11:** Comparación de las categorías compartidas (M2 y M8) para los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles



**Figura 25:** Comparación porcentual de las categorías compartidas M2 y M8 en los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles

Al comparar las codificaciones para la categoría compartida: Relaciones establecidas mediante argumentos (M2 y M8) se observó que:

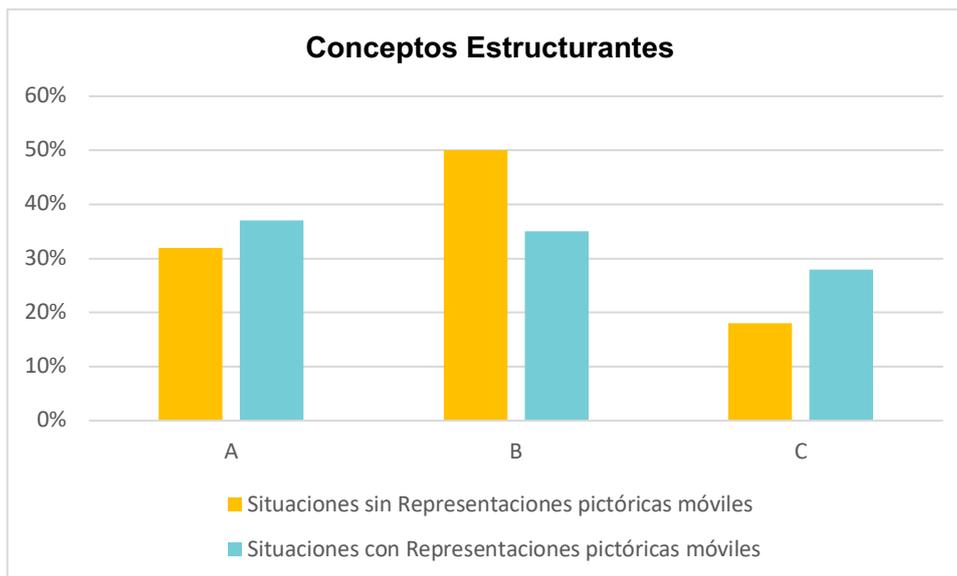
La codificación que presenta mayor frecuencia corresponde a B (No argumenta, ni establece relaciones, se limita a reproducir una definición). Es decir, un 41% de los estudiantes tienden a resolver situaciones problemáticas a partir del uso de definiciones, sin establecer relaciones ni argumentaciones. Este comportamiento se produce cuando los estudiantes abordan situaciones que no presentan representaciones pictóricas, ya que, para esta categoría, solo el 26% de las respuestas hacen alusión a las situaciones que incluyen representaciones pictóricas móviles.

La codificación A (Argumenta estableciendo una relación formal entre el fenómeno y la interpretación) reveló que prácticamente el doble de los estudiantes logra el mayor nivel de argumentación, estableciendo relaciones significativas entre conceptos estructurantes, cuando abordan la situación problema, observando representaciones pictóricas móviles.

Por último, se estudió la codificación que hacía referencia a la ausencia de argumentación, observando que un 33% de los alumnos frente a un 21%, no argumentan cuando resuelven situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles.

<b>Conceptos Estructurantes</b>	<b>Situaciones sin Representaciones pictóricas móviles</b>	<b>Situaciones con Representaciones pictóricas móviles</b>
<b>A</b>	32%	37%
<b>B</b>	50%	35%
<b>C</b>	18%	28%
	100%	100%

**Tabla 12:** Comparación de las categorías compartidas (M3 y M9) para los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles



**Figura 26:** Comparación porcentual de las categorías compartidas M3 y M9 en los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles

Al comparar las codificaciones para la categoría compartida: Conceptos Estructurantes (M3 y M9) se observó que:

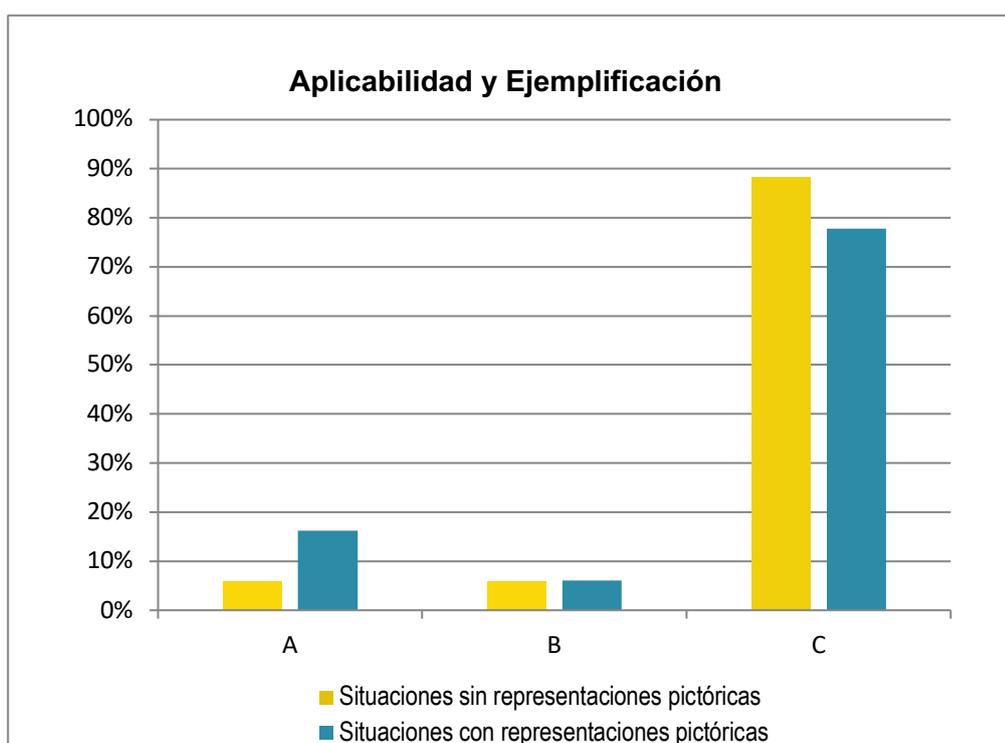
Para la codificación A (Resuelve las situaciones identificando conceptos estructurantes) aproximadamente la misma cantidad de estudiantes logra identificarlos, ya sea resolviendo situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles, como las que no.

En cuanto a la codificación B (Resuelve las situaciones sin identificar conceptos estructurantes) se percibió que el 50% de los estudiantes, al resolver situaciones que no presentan representaciones pictóricas, utilizan estrategias cognitivas sin identificar los conceptos que vertebran al fenómeno en análisis. Por su parte, cuando se incorporan representaciones pictóricas móviles, el 35% de los alumnos adquieren el mismo comportamiento.

Finalmente, en cuanto a la codificación C (No resuelve las situaciones), solo es 10% superior la cantidad de estudiantes que no resuelven las situaciones cuando analizan actividades que incluyen representaciones pictóricas móviles en comparación con los que resuelven los otros tipos de situaciones.

Aplicabilidad y ejemplificación	Situaciones sin Representaciones pictóricas móviles	Situaciones con Representaciones pictóricas móviles
<b>A</b>	6%	16%
<b>B</b>	6%	6%
<b>C</b>	88%	78%
	100%	100%

**Tabla 13:** Comparación de las categorías compartidas (M4 y M10) para los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles



**Figura 27:** Comparación porcentual de las categorías compartidas M4 y M10 en los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles

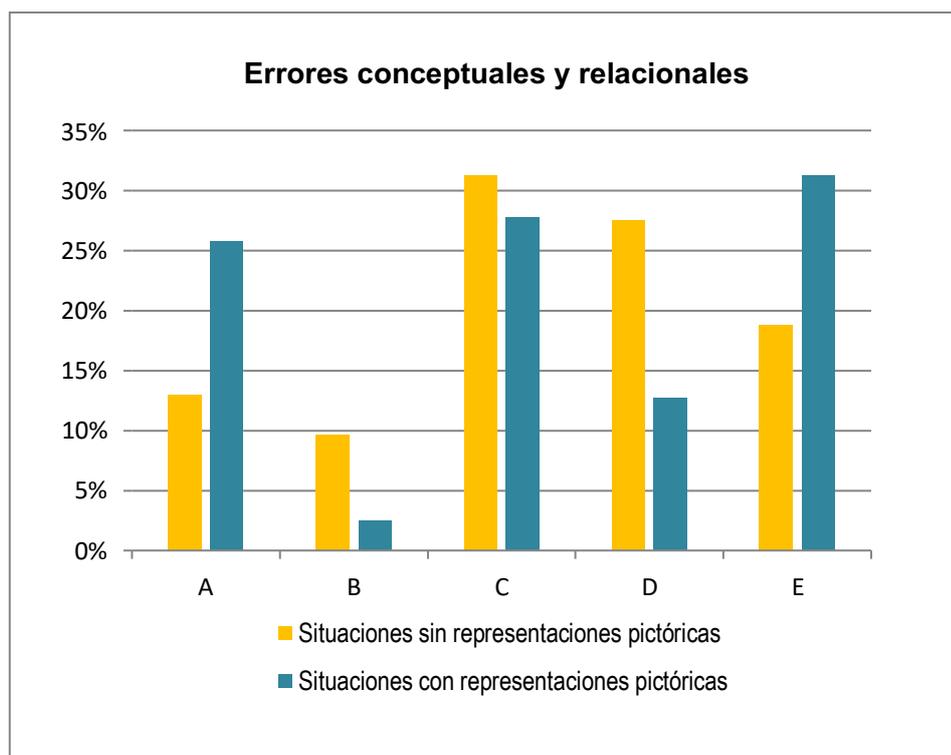
Al comparar las codificaciones para la categoría compartida: Aplicabilidad y Ejemplificación (M4 y M10) se observó que:

De las tres codificaciones posibles, A (Propone aplicaciones y/o ejemplificaciones demostrando claridad conceptual) presenta mayores frecuencias para las situaciones que proponen representaciones pictóricas móviles. B (Propone aplicaciones y/o ejemplificaciones demostrando dificultades conceptuales) develó un mismo porcentaje, el 6%, para ambos tipos

de situaciones y C (No propone aplicaciones ni ejemplificaciones) demostró ampliamente, ser la codificación más fuerte. Con una diferencia del 12% entre ambos tipos de situaciones, se identificó una gran tendencia relacionada con la incapacidad de traspolar explicaciones e identificar familia de fenómenos a la luz de un modelo teórico definido.

Errores conceptuales y relacionales	Situaciones sin Representaciones pictóricas móviles	Situaciones con Representaciones pictóricas móviles
<b>A</b>	13%	26%
<b>B</b>	10%	3%
<b>C</b>	31%	28%
<b>D</b>	28%	13%
<b>E</b>	19%	31%
	100%	100%

**Tabla 14:** Comparación de las categorías compartidas (M5 y M11) para los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles



**Figura 28:** Comparación porcentual de las categorías compartidas M5 y M11 en los conjuntos de situaciones que no presentan y que presentan representaciones pictóricas móviles

Al comparar las codificaciones para la categoría compartida: Errores Conceptuales y relacionales (M5 y M11) se observó que:

Las dos codificaciones que presentaron mayor presencia (31% cada una) fueron: C (Desarrolla explicaciones poco claras, basadas en conceptos acertados, pero en ausencia de relaciones)

y E (No explica), sin embargo, C es mayor para situaciones sin imágenes GIF, escenario inverso a la codificación E, mediante la cual se aprecia una proporción del 12% superior para la resolución de actividades con GIF.

### **Ranking de respuestas según la codificación A, por actividades y categoría**

Al elaborar un Ranking de respuestas de desempeño favorable, es decir, las correspondientes a la codificación A de cada una de las categorías, es posible:

- Valorar porcentualmente, qué actividades han podido ser resueltas de mejor manera, a la luz de una categoría específica y la cantidad de respuestas de desempeño favorable.
- Estimar la categoría que mejor resultados arrojó, en relación con el porcentaje de respuestas de desempeño favorable desarrolladas.

Para apreciar la distribución de los datos, se representarán a continuación una serie de tablas organizadas según intervalos:

Tabla 15.a: Intervalos de porcentajes de respuestas de desempeño favorable desde 75 a 45%

Tabla 15.b: Intervalos de porcentajes de respuestas de desempeño favorable desde 40 a 25%

Tabla 15.c: Intervalos de porcentajes de respuestas de desempeño favorable desde 20 a 10%

Tabla 15.d: Intervalos de porcentajes de respuestas de desempeño favorable desde 5 a 0%

Nombre de actividades	Nro. de respuestas de desempeño favorable	Porcentaje de respuestas de desempeño favorable	Nombre de actividades	Nro. de respuestas de desempeño favorable	Porcentaje de respuestas de desempeño favorable
A1.6.aM8	15	75%	A1.2.cM2	9	45%
A1.6.eM6	14	70%	A1.2.cM3	9	45%
A2.3.aM8	14	70%	A1.3.aM3	9	45%
A.2.4.aM6	13	65%	A1.4.aM2	9	45%
A1.6.dM8	12	60%	A1.5.aM3	9	45%
A2.2.aM6	12	60%	A1.6.cM8	9	45%
A2.2.cM9	12	60%	A1.6.dM9	9	45%
A2.3.aM6	12	60%	A1.6.fM9	9	45%
A1.6.aM6	11	55%	A2.1.aM8	9	45%
A1.6.bM6	11	55%	A2.2.aM8	9	45%
A1.6.cM6	11	55%	A2.2.cM8	9	45%
A2.2.bM6	11	55%	A2.3.bM7	9	45%
A2.3.aM9	11	55%	A.2.4.aM7	9	45%
A1.6.dM6	10	50%	A.2.4.aM9	9	45%
A2.2.aM9	10	50%	A.2.4.bM6	9	45%
A2.2.bM8	10	50%			
A2.2.dM6	10	50%			
A2.2.dM8	10	50%			
A2.2.dM10	10	50%			
A2.3.bM6	10	50%			
A2.3.bM8	10	50%			
A2.3.bM10	10	50%			

**Tabla 15.a:** Ranking de porcentajes de respuestas de desempeño favorable (Codificación A) según actividad y categoría específica, intervalo desde 75 a 45 %.

Nombre de actividades	Nro. de respuestas de desempeño favorable	Porcentaje de respuestas de desempeño favorable	Nombre de actividades	Nro. de respuestas de desempeño favorable	Porcentaje de respuestas de desempeño favorable
A1.3.bM3	8	40%	A1.aM3	6	30%
A1.6.aM9	8	40%	A1.bM2	6	30%
A1.6.eM8	8	40%	A1.bM3	6	30%
A1.7.aM6	8	40%	A1.2.aM2	6	30%
A1.7.bM6	8	40%	A1.2.bM2	6	30%
A1.7.bM8	8	40%	A1.2.cM5	6	30%
A2.1.aM6	8	40%	A1.5.aM1	6	30%
A2.1.aM9	8	40%	A1.6.bM9	6	30%
A2.2.bM9	8	40%	A1.6.bM11	6	30%
A2.2.bM11	8	40%	A1.7.aM8	6	30%
A2.2.cM6	8	40%	A2.1.aM7	6	30%
A2.2.dM9	8	40%	A2.1.cM9	6	30%
A2.2.dM11	8	40%	A2.2.aM7	6	30%
A2.3.aM7	8	40%	A2.2.aM10	6	30%
A2.3.bM9	8	40%	A2.3.aM10	6	30%
A2.3.bM11	8	40%	A.2.4.bM7	6	30%
A.2.4.aM8	8	40%	A1.aM2	5	25%
A.2.4.aM11	8	40%	A1.2.bM3	5	25%
A1.3.bM2	7	35%	A1.2.cM4	5	25%
A1.4.aM3	7	35%	A1.3.aM2	5	25%
A1.4.aM5	7	35%	A1.5.cM3	5	25%
A1.5.bM3	7	35%	A1.6.aM7	5	25%
A1.6.bM8	7	35%	A1.6.aM11	5	25%
A1.6.eM9	7	35%	A1.6.cM9	5	25%
A1.6.eM11	7	35%	A1.7.aM7	5	25%
A1.6.fM6	7	35%	A1.7.aM11	5	25%
A1.7.aM9	7	35%	A2.2.bM10	5	25%
A1.7.bM9	7	35%	A2.2.cM11	5	25%
A1.7.bM11	7	35%			
A2.2.aM11	7	35%			
A2.2.bM7	7	35%			
A2.2.cM7	7	35%			
A2.3.aM11	7	35%			
A.2.4.bM8	7	35%			

**Tabla 15.b:** Ranking de porcentajes de respuestas de desempeño favorable (Codificación A) según actividad y categoría específica, intervalo desde 40 a 25 %.

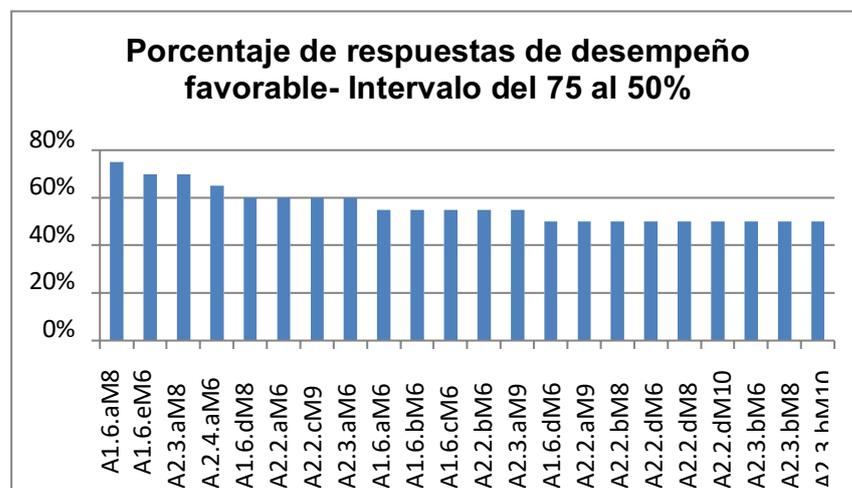
Nombre de actividades	Nro. de respuestas de desempeño favorable	Porcentaje de respuestas de desempeño favorable	Nombre de actividades	Nro. de respuestas de desempeño favorable	Porcentaje de respuestas de desempeño favorable
A1.2.cM1	4	20%	A1.6.eM7	3	15%
A1.5.aM5	4	20%	A1.6.fM8	3	15%
A1.5.bM1	4	20%	A1.6.fM11	3	15%
A1.5.cM2	4	20%	A2.1.aM11	3	15%
A1.6.aM10	4	20%	A2.1.bM7	3	15%
A1.6.cM11	4	20%	A2.1.bM8	3	15%
A1.6.dM11	4	20%	A.2.4.bM9	3	15%
A1.7.aM10	4	20%	A1.a M1	2	10%
A1.7.bM7	4	20%	A1.2.aM1	2	10%
A2.1.bM6	4	20%	A1.2.aM5	2	10%
A2.1.bM9	4	20%	A1.3.aM5	2	10%
A2.1.cM8	4	20%	A1.3.bM4	2	10%
A2.2.dM7	4	20%	A1.4.bM3	2	10%
A.2.4.bM10	4	20%	A1.5.aM2	2	10%
A.2.4.bM11	4	20%	A1.5.bM5	2	10%
A1.aM5	3	15%	A1.5.cM1	2	10%
A1.bM1	3	15%	A1.6.bM7	2	10%
A1.bM5	3	15%	A1.6.cM7	2	10%
A1.2.aM3	3	15%	A1.6.dM10	2	10%
A1.3.bM1	3	15%	A.1.7.cM6	2	10%
A1.4.aM1	3	15%	A.1.7.cM7	2	10%
A1.4.bM1	3	15%	A.1.7.cM8	2	10%
A1.5.bM2	3	15%	A2.1.bM11	2	10%
A1.6.bM10	3	15%	A2.1.cM6	2	10%
A1.6.dM7	3	15%	A.2.4.aM10	2	10%

**Tabla 15.c:** Ranking de porcentajes de respuestas de desempeño favorable (Codificación A) según actividad y categoría específica, intervalo desde 20 a 10 %.

Nombre de actividades	Nro. de respuestas de desempeño favorable	Porcentaje de respuestas de desempeño favorable	Nombre de actividades	Nro. de respuestas de desempeño favorable	Porcentaje de respuestas de desempeño favorable
A1.aM4	1	5%	A.1.7.cM10	1	5%
A1.bM4	1	5%	A.1.7.cM11	1	5%
A1.2.aM4	1	5%	A2.1.aM10	1	5%
A1.2.bM1	1	5%	A2.1.bM10	1	5%
A1.2.bM4	1	5%	A2.1.cM7	1	5%
A1.3.aM1	1	5%	A2.1.cM11	1	5%
A1.3.aM4	1	5%	A2.2.cM10	1	5%
A1.3.bM5	1	5%	A1.2.bM5	0	0%
A1.4.aM4	1	5%	A1.4.bM4	0	0%
A1.4.bM2	1	5%	A1.4.bM5	0	0%
A1.5.cM4	1	5%	A1.5.aM4	0	0%
A1.5.cM5	1	5%	A1.5.bM4	0	0%
A1.6.cM10	1	5%	A1.6.eM10	0	0%
A1.6.fM7	1	5%	A1.6.fM10	0	0%
A1.7.bM10	1	5%	A2.1.cM10	0	0%
A.1.7.cM9	1	5%			

**Tabla 15.d:** Ranking de porcentajes de respuestas de desempeño favorable (Codificación A) según actividad y categoría específica, intervalo desde 5 a 0 %.

Abordaremos un análisis a nivel general, para luego estudiar las particularidades. Para analizar los extremos de esta tabla, proponemos tomar los extremos por medio de dos intervalos, representados en las figuras 29 y 30, a la luz de los datos de las tablas 16 y 17 respectivamente:



**Figura 29:** Porcentajes de respuestas de desempeño favorable según actividades y categorías específicas. Intervalo del 75 al 50%

Al analizar el intervalo de las mejores respuestas, se observa que las categorías más presentes son M6 (Análisis de representaciones pictóricas), M8 (Relaciones establecidas mediante argumentos) y M9 (Conceptos Estructurantes).

Al mismo tiempo, se puede inferir que, en este intervalo, las actividades que obtuvieron la mejor calidad de respuestas corresponden a las situaciones: A1.6 en todas sus subactividades, A2.2, A2.3 y A2.4.

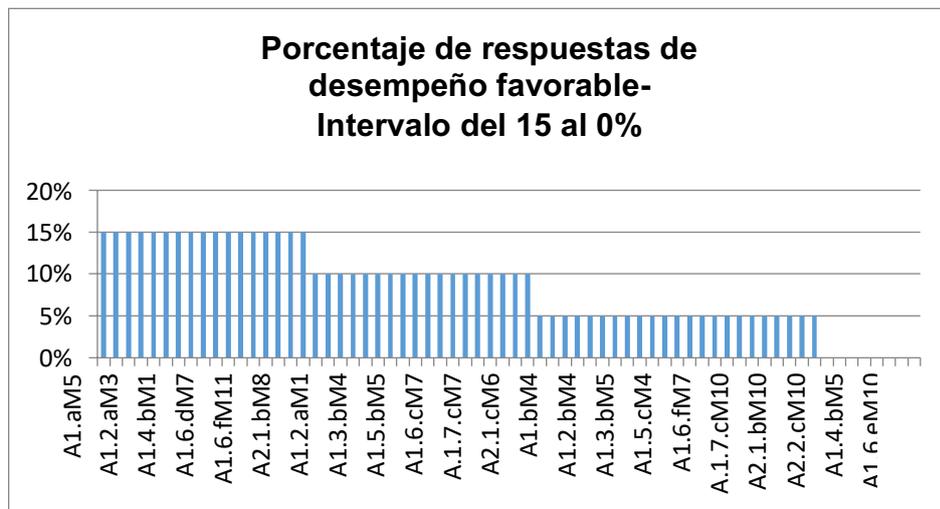
Según se aprecia en la tabla 16:

- Un 75 % de los estudiante argumentaron y establecieron relaciones formales entre el fenómeno estudiado y la interpretación, (codificación A para la categoría compartida M8: Relaciones establecidas mediante argumentos), cuando resolvieron la actividad A1.6.a
- Un 70 % de los estudiantes, lograron interpretar las representaciones pictóricas teniendo en cuenta los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico para establecer relaciones y conexiones, (codificación A para la categoría no compartida M6: Análisis de representaciones pictóricas) para la actividad A1.6.e
- Un 70% de los estudiantes construyeron argumentaciones a partir de relaciones formales, (codificación A para la categoría compartida M8: Relaciones establecidas mediante argumentos) al resolver la situación A2.3.a
- Para las actividades nombradas, el 60 % de los estudiantes, fueron capaces de interpretar representaciones pictóricas teniendo en cuenta los diferentes niveles de la materia para establecer relaciones (M6), argumentaron estableciendo relaciones formales entre la situación estudiada y la interpretación (M8) y resolvieron los casos, identificando conceptos estructurantes.
- En la última parte del intervalo considerado, podemos dilucidar que el 50 % de los estudiantes, tendieron a establecer relaciones y conexiones a partir de la identificación de las presentaciones pictóricas móviles teniendo en cuenta los diferentes niveles de representación.

Nombre de actividades	Porcentaje de respuesta de desempeño favorable	Nombre de actividades	Porcentaje de respuesta de desempeño favorable
A1.6.aM8	75%	A2.2.bM6	55%
A1.6.eM6	70%	A2.3.aM9	55%
A2.3.aM8	70%	A1.6.dM6	50%
A.2.4.aM6	65%	A2.2.aM9	50%
A1.6.dM8	60%	A2.2.bM8	50%
A2.2.aM6	60%	A2.2.dM6	50%
A2.2.cM9	60%	A2.2.dM8	50%
A2.3.aM6	60%	A2.2.dM10	50%
A1.6.aM6	55%	A2.3.bM6	50%
A1.6.bM6	55%	A2.3.bM8	50%
A1.6.cM6	55%	A2.3.bM10	50%

**Tabla 16:** Intervalo de Porcentajes de 75 al 50% de respuestas de desempeño favorable

Si ahora tomamos el intervalo del 15 al 0%, consideramos las peores tendencias, a la luz del porcentaje de estudiantes que elaboraron respuestas “no favorables”. Es decir, podemos analizar cuáles fueron las actividades que resultaron más dificultosas en función de determinadas categorías.



**Figura 30:** Porcentajes de respuestas de desempeño favorable según actividades y categorías específicas. Intervalo del 15 al 0%

Según la Figura 30 y la tabla 17, las categorías que obtuvieron los menores porcentajes de respuestas correctas fueron: M1-M7 (Modelos Teóricos utilizados), M5 (Errores conceptuales y relacionales en explicaciones), M4-M10 (Aplicabilidad y ejemplificación). En este intervalo, las actividades A1.4.b, A1.5.a.yb, A1.6.e y f, A2.1.c no tuvieron ninguna respuesta de desempeño favorable. Si interpretamos este dato a la luz de las categorías asociadas, podríamos decir que:

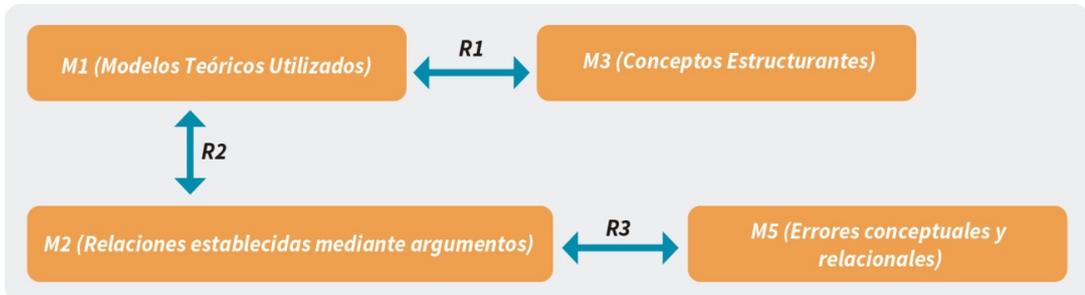
- Ningún estudiante consiguió plantear explicaciones adecuadas, por medio de relaciones pertinentes y sin errores conceptuales, al abordar la resolución de la cuestión A1.2.b que problematizaba la diferenciación entre las propiedades de los elementos y las propiedades de los átomos.
- Ningún estudiante logró desarrollar explicaciones adecuadas, a través de conclusiones claras, organizadas y relaciones pertinentes sin presentar errores conceptuales (M5) ni proponer algún tipo de ejemplificación o aplicación (M4), al intentar resolver la situación A1.4.b que interrogaba sobre: “¿Cuántos átomos se necesitan para formar un elemento químico?”
- Por último, en las actividades A1.6.e y f se destaca la tendencia nula de ejemplificar o identificar aplicaciones cuando se debate sobre las zonas de alta densidad, los campos eléctricos y las propiedades periódicas puestas en juego en un fenómeno químico.

Nombre de actividades	Porcentaje de respuesta de desempeño favorable	Nombre de actividades	Porcentaje de respuesta de desempeño favorable	Nombre de actividades	Porcentaje de respuesta de desempeño favorable
A1.aM5	15%	A1.4.bM3	10%	A1.4.bM2	5%
A1.bM1	15%	A1.5.aM2	10%	A1.5.cM4	5%
A1.bM5	15%	A1.5.bM5	10%	A1.5.cM5	5%
A1.2.aM3	15%	A1.5.cM1	10%	A1.6.cM10	5%
A1.3.bM1	15%	A1.6.bM7	10%	A1.6.fM7	5%
A1.4.aM1	15%	A1.6.cM7	10%	A1.7.bM10	5%
A1.4.bM1	15%	A1.6.dM10	10%	A.1.7.cM9	5%
A1.5.bM2	15%	A.1.7.cM6	10%	A.1.7.cM10	5%
A1.6.bM10	15%	A.1.7.cM7	10%	A.1.7.cM11	5%
A1.6.dM7	15%	A.1.7.cM8	10%	A2.1.aM10	5%
A1.6.eM7	15%	A2.1.bM11	10%	A2.1.bM10	5%
A1.6.fM8	15%	A2.1.cM6	10%	A2.1.cM7	5%
A1.6.fM11	15%	A.2.4.aM10	10%	A2.1.cM11	5%
A2.1.aM11	15%	A1.aM4	5%	A2.2.cM10	5%
A2.1.bM7	15%	A1.bM4	5%	A1.2.bM5	0%
A2.1.bM8	15%	A1.2.aM4	5%	A1.4.bM4	0%
A.2.4.bM9	15%	A1.2.bM1	5%	A1.4.bM5	0%
A1.a M1	10%	A1.2.bM4	5%	A1.5.aM4	0%
A1.2.aM1	10%	A1.3.aM1	5%	A1.5.bM4	0%
A1.2.aM5	10%	A1.3.aM4	5%	A1.6.eM10	0%
A1.3.aM5	10%	A1.3.bM5	5%	A1.6.fM10	0%
A1.3.bM4	10%	A1.4.aM4	5%	A2.1.cM10	0%

**Tabla 17:** Intervalo de Porcentajes de 15 al 0% de respuestas de desempeño favorable

## Entrecruzamiento de categorías

Según los resultados y tendencias del análisis anterior, se plantean los siguientes entrecruzamientos entre categorías para situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles:



**Figura 31:** Entrecruzamiento de categorías para situaciones sin representaciones pictóricas móviles. R1, R2, y R3 son las relaciones que dan lugar los entrecruzamientos entre categorías.

En ambos análisis basados en entrecruzamientos, se valoran las relaciones que emergen a partir de la vinculación de dos categorías, por vez, considerando:

- Respuestas de desempeño favorable: corresponden a la distribución de resultados asociados a la codificación A en cada caso.
- Respuestas de desempeño poco favorable: corresponden a la distribución de resultados asociados a las codificaciones B y C en cada caso, D y E cuando las categorías contienen estas codificaciones.

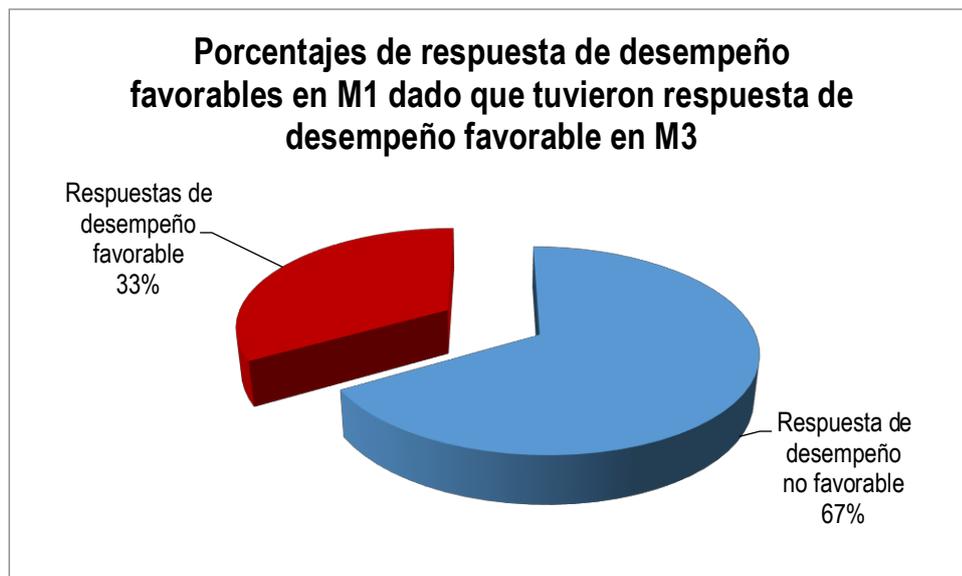
### R1: Entrecruzamiento de M1 y M3

M1 \ M3	Respuestas para M3		
Respuestas para M1	Respuesta de desempeño poco favorable	Respuesta de desempeño favorable	Total general
Respuesta de desempeño poco favorable	14	4	18
Respuesta de desempeño favorable	0	2	2
Total general	14	6	20

**Tabla 18:** Entrecruzamiento de respuestas de desempeño favorable para las categorías M1 y M3

Al cruzar las codificaciones correspondientes a la actividad A1.a pudimos observar que

- Del total de los estudiantes, el 10% respondieron en forma favorable M1 y M3
- Del total de estudiantes que no tuvieron respuestas de desempeño favorable en M3, el 100% no tuvo respuestas de desempeño favorable en M1.
- Del total de estudiantes que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M3, el 33% tuvieron respuestas de desempeño favorable en M1



**Figura 32:** Porcentajes de respuestas de desempeño favorable en M1 dado que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M3

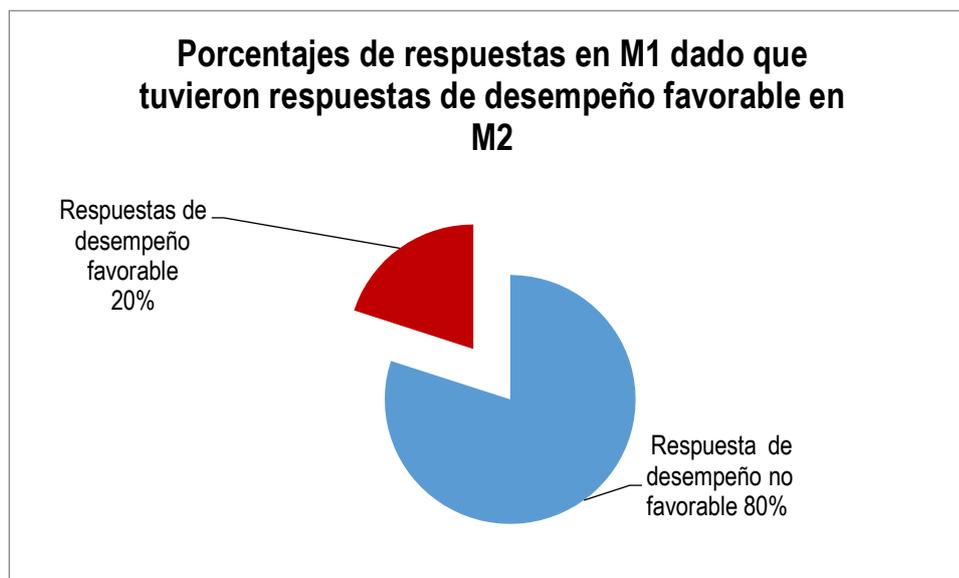
### R2: Entrecruzamiento de M1 y M2

M1 \ M2	M2		Total general
	Respuestas para M2		
Respuestas para M1	Respuesta de desempeño poco favorable	Respuesta de desempeño favorable	
Respuesta de desempeño poco favorable	14	4	18
Respuesta de desempeño favorable	1	1	2
<b>Total general</b>	<b>15</b>	<b>5</b>	<b>20</b>

**Tabla 19:** Entrecruzamiento de respuestas de desempeño favorable para las categorías M1 y M2

Al cruzar las codificaciones correspondientes a la actividad A1.a pudimos observar que:

- Del total de los estudiantes, el 5% respondieron en forma favorable M1 y M2
- Del total de estudiantes que no tuvieron respuestas de desempeño favorable en M2, el 93% no tuvo respuestas de desempeño favorable en M1.
- Del total de estudiantes que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M2, el 20% tuvieron respuestas de desempeño favorable en M1



**Figura 33:** Porcentajes de respuestas de desempeño favorable en M1 dado que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M2

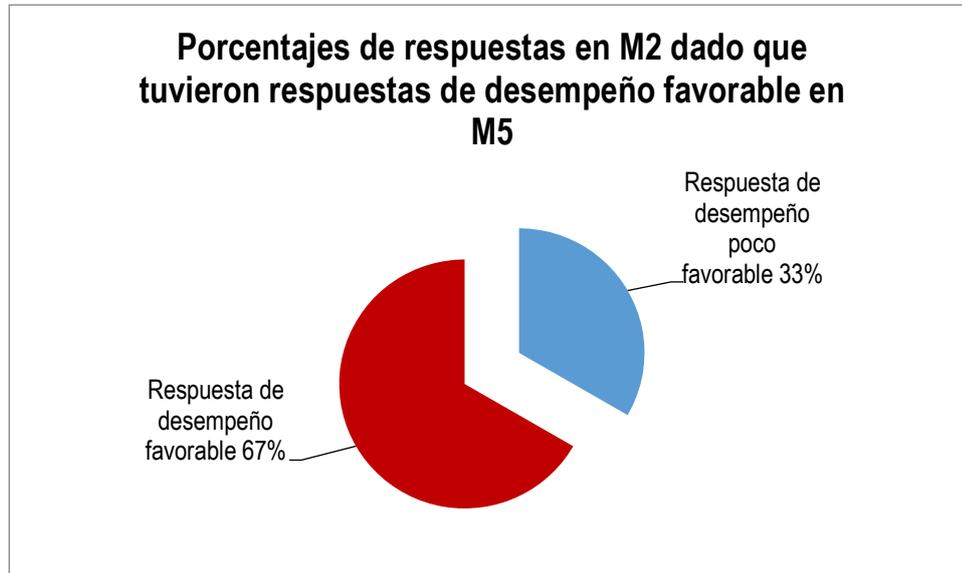
### R3: Entrecruzamiento de M2 y M5

M2 \ M5	Respuestas para M5		
Respuestas para M2	Respuesta de desempeño poco favorable	Respuesta de desempeño favorable	Total general
Respuesta de desempeño poco favorable	14	1	15
Respuesta de desempeño favorable	3	2	5
<b>Total general</b>	<b>17</b>	<b>3</b>	<b>20</b>

**Tabla 20:** Entrecruzamiento de respuestas de desempeño favorable para las categorías M2 y M5

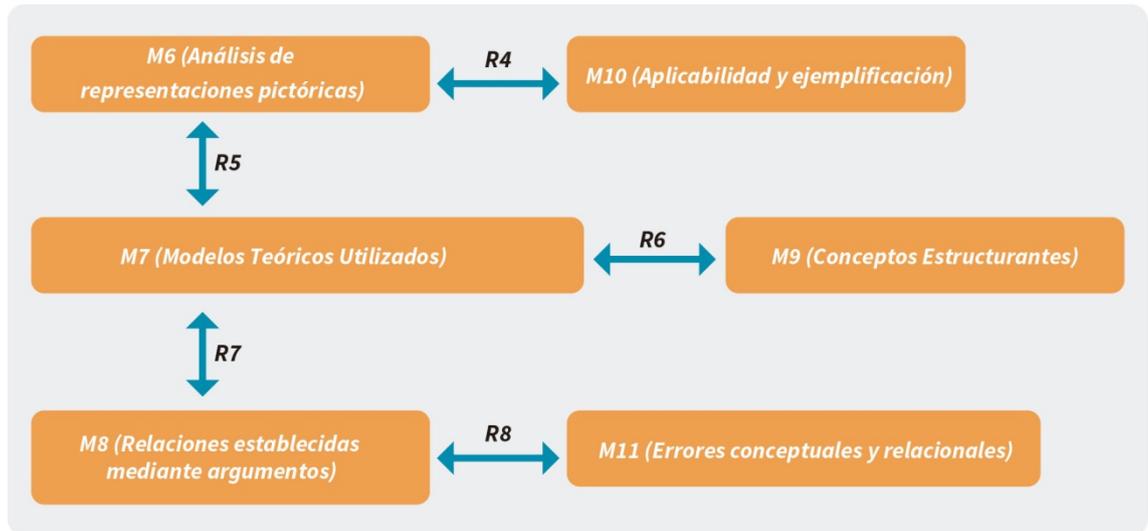
Al cruzar las codificaciones correspondientes a la actividad A1.a pudimos observar que:

- Del total de los estudiantes, el 10% respondieron en forma favorable M2 y M5
- Del total de estudiantes que no tuvieron respuestas de desempeño favorable en M5, el 82% no tuvo respuestas de desempeño favorable en M2.
- Del total de estudiantes que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M5, el 67% tuvieron respuestas de desempeño favorable en M2



**Figura 34:** Porcentajes de respuestas de desempeño favorable en M2 dado que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M5

Entrecruzamientos entre categorías para situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles:



**Figura 35:** Entrecruzamiento de categorías para situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles. R4, R5, R6, R7 y R8 son las relaciones que dan lugar los entrecruzamientos entre categorías.

#### R4: Entrecruzamiento de M6 y M10

M6 \ M10	M10	Respuestas para M5		
Respuestas para M6		Respuestas de desempeño poco favorable	Respuestas de desempeño poco favorable	Total general
Respuestas de desempeño poco favorable		9	0	9
Respuestas de desempeño favorable		7	4	11
Total general		16	4	20

**Tabla 21:** Entrecruzamiento de respuestas de desempeño favorable para las categorías M6 y M10

Al cruzar las codificaciones correspondientes a la actividad A1.6.a pudimos observar que:

- Del total de los estudiantes, el 20% respondieron en forma favorable M6 y M10
- Del total de estudiantes que no tuvieron respuestas de desempeño favorable en M6, el 56% no tuvo respuestas de desempeño favorable en M10.
- Del total de estudiantes que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M6, el 100% tuvieron respuestas de desempeño favorable en M10.

El análisis de la interrelación 4, puso en diálogo las categorías M6 (Análisis de representaciones

pictóricas) y M10 (Aplicabilidad y ejemplificación). Como lo demuestra el ejemplo puntual de la actividad A1.6.a, situación problema que tuvo los mejores resultados, parece haber un vínculo entre las capacidades puestas en juego cuando el estudiante logra interpretar las imágenes pictóricas móviles diferenciando los diversos niveles de representación, y la capacidad de proponer ejemplificaciones y aplicaciones, estableciendo relaciones acertadas y demostrando claridad conceptual.

Desde la propuesta de Ciencia Escolar (Izquierdo-Aymerich, 2000) se hace énfasis en analizar que el objetivo de la experimentación escolar como así también de la resolución de problemas; se centra en favorecer el proceso de reconstrucción de algún hecho del mundo en función de un modelo teórico, aunque sea incipiente, intentando conectar con las representaciones del estudiante. Si esas representaciones, implican a su vez, la identificación de ideas estructurantes, que le den sentido, como es el caso de los niveles de la materia, esto propiciará el hallazgo de determinadas regularidades que permitan interpretar fenómenos similares, enfatizando capacidades de ejemplificación y aplicación.

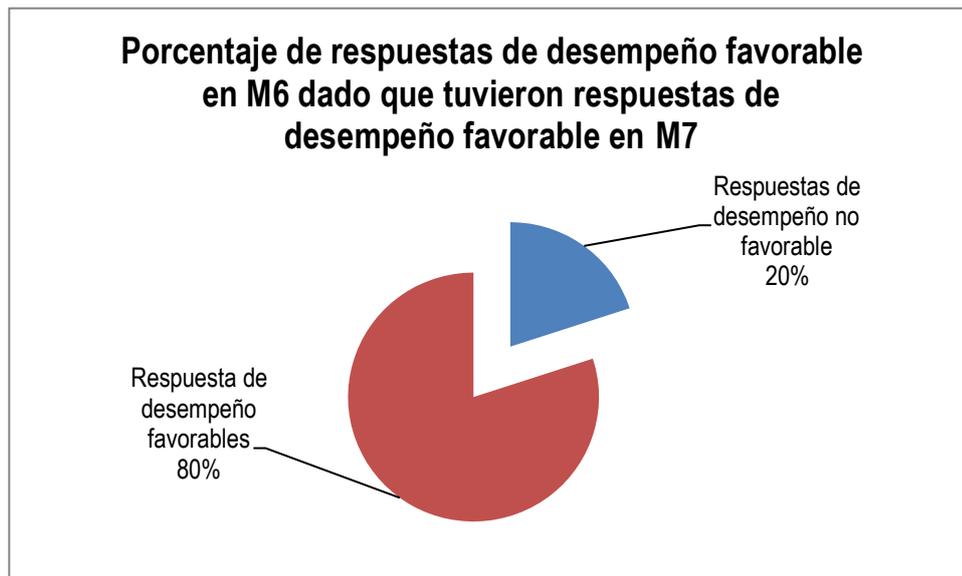
#### R5: Entrecruzamiento de M6 y M7

<i>M6</i> \ <i>M7</i>	<i>Respuestas para M7</i>		
<i>Respuestas para M6</i>	<i>Respuesta de desempeño poco favorable</i>	<i>Respuesta de desempeño favorable</i>	<i>Total general</i>
<i>Respuesta de desempeño poco favorable</i>	8	1	9
<i>Respuesta de desempeño favorable</i>	7	4	11
<i>Total general</i>	15	5	20

**Tabla 22:** Entrecruzamiento de respuestas de desempeño favorable para las categorías M6 y M7

Al cruzar las codificaciones correspondientes a la actividad A1.6.a pudimos observar que:

- Del total de los estudiantes, el 20% respondieron en forma favorable M6 y M7
- Del total de estudiantes que no tuvieron respuestas de desempeño favorable en M6, el 53% no tuvo respuestas de desempeño favorable en M7.
- Del total de estudiantes que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M6, el 80% tuvieron respuestas de desempeño favorable en M7.



**Figura 36:** Porcentaje de respuestas de desempeño favorable en M6 dado que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M7

La interrelación 5 vincula las categorías M6 (Análisis de representaciones pictóricas) y M7 (Modelos Teóricos utilizados).

Retomando las consideraciones anteriores, podemos argumentar acerca de la importancia de esta relación en el proceso de modelización que llevan a cabo los estudiantes cuando resuelven una situación problema.

La importancia de los modelos teóricos en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la ciencia radica en dos aspectos:

- Uno, relacionado con la docencia, ya que los modelos teóricos comprendidos como vertebradores del currículum, toman un rol primordial porque a partir de ellos se

derivan los conceptos estructurantes que dan sentido a la planificación estratégica de la enseñanza.

- El otro, con el desempeño del estudiante en su propio proceso de enseñanza y aprendizaje de la ciencia. Él mismo debe, por medio de procesos de metacognición y autorregulación, ser consciente de las representaciones mentales con las que cuenta, enriqueciéndolas, complementándolas para lograr intervenir activamente sobre el mundo que lo rodea.

En este sentido, la capacidad de interpretar cierto tipo de representaciones y establecer a partir de ellas relaciones y conexiones, da cuenta de un proceso de modelización complejo, que otorga un sentido específico al hecho estudiado. Esto es evidenciado cuando observamos que del total de estudiantes que lograron interpretar las representaciones pictóricas teniendo en cuenta los niveles macro, submicro, y microscópico de la materia, el 80% interpretó el hecho a la luz de un modelo teórico explícito.

#### R6: Entrecruzamiento de M7 y M9

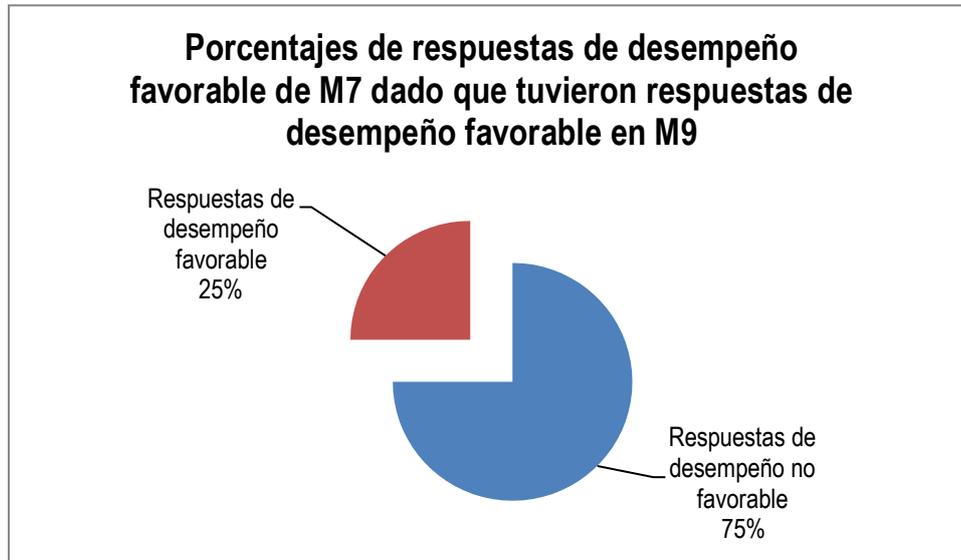
<i>M7</i> \ <i>M9</i>	<i>Respuestas para M9</i>		
<i>Respuestas para M7</i>	<i>Respuesta de desempeño poco favorable</i>	<i>Respuesta de desempeño favorable</i>	<i>Total general</i>
<i>Respuesta de desempeño poco favorable</i>	9	6	15
<i>Respuesta de desempeño favorable</i>	3	2	5
<i>Total general</i>	12	8	20

**Tabla 23:** Entrecruzamiento de respuestas de desempeño favorable para las categorías M7 y M9

Al cruzar las codificaciones correspondientes a la actividad A1.6.a pudimos observar que:

- Del total de los estudiantes, el 10% respondieron en forma favorable M7 y M9
- Del total de estudiantes que no tuvieron respuestas de desempeño favorable en M7, el 75% no tuvo respuestas de desempeño favorable en M9.

- Del total de estudiantes que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M7, el 25% tuvieron respuestas de desempeño favorable en M9.



**Figura 37:** Porcentaje de respuestas de desempeño favorable en M7 dado que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M9

Para explicar esta interrelación, nos remitiremos a una consideración a la luz del marco teórico planteado. Según el Modelo Cognitivo de Ciencia (Giere, 1999), y la propuesta de Ciencia escolar, (Izquierdo-Aymerich, 1999), si los hechos y modelos de una teoría se adaptan mutuamente, los hechos pueden ser explicados mediante las entidades que caracterizan al modelo teórico en cuestión.

Entran en escena, los conceptos estructurantes como ideas centrales que de alguna manera configuran los modelos teóricos puestos en juego.

Sobre la base de las ideas expuestas, se observó una importante tendencia que vincula las categorías analizadas. Cuando los estudiantes no son capaces de identificar conceptos estructurantes al intentar resolver situaciones, difícilmente puedan ser capaces de identificar el o los modelos teóricos involucrados.

Por ejemplo, podemos citar la resolución de la actividad A2.1.a por el estudiante 9:

“El modelo explicativo acertado es el de Alejandro, debido a que él establece que la precipitación es un fenómeno químico y su razonamiento es más acertado. Nosotros sabemos que una precipitación puede ocurrir cuando una sustancia insoluble se forma en la disolución debido a una reacción química o a que la disolución ha sido sobresaturada por algún compuesto, esto es, que no acepta más soluto y que al no poder ser disuelto, dicho soluto forma el precipitado.”

Se aprecia que el estudiante reconoce claramente los conceptos estructurantes que la situación problema pone en juego, y en función a ellos, puede identificar el modelo teórico estudiado.

Al comparar con la resolución de la misma actividad, por el estudiante 11:

“Que la precipitación se produce mediante una reacción química donde se produce una disolución quedando un precipitado sólido insoluble”

Intentando responder al mismo interrogante, este estudiante no logra identificar las ideas vertebradoras del fenómeno estudiado, y por ende no utiliza un modelo teórico definido, sino que por el contrario entremezcla ideas.

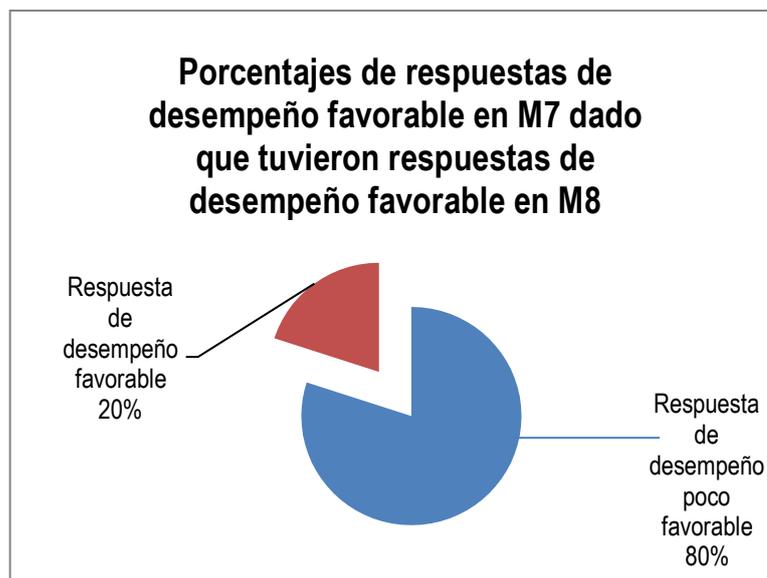
### R7: Entrecruzamiento de M7 y M8

<i>M7</i> \ <i>M8</i>	<i>Respuestas para M8</i>		
<i>Respuestas para M7</i>	<i>Respuesta de desempeño poco favorable</i>	<i>Respuesta de desempeño favorable</i>	<i>Total general</i>
<i>Respuesta de desempeño poco favorable</i>	3	12	15
<i>Respuesta de desempeño favorable</i>	2	3	5
<i>Total general</i>	5	15	20

**Tabla 24:** Entrecruzamiento de respuestas de desempeño favorable para las categorías M7 y M8

Al cruzar las codificaciones correspondientes a la actividad A1.6.a pudimos observar que:

- Del total de los estudiantes, el 15% respondieron en forma favorable M7 y M8
- Del total de estudiantes que no tuvieron respuestas de desempeño favorable en M7, el 80% no tuvo respuestas de desempeño favorable en M8.
- Del total de estudiantes que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M7, el 20% tuvieron respuestas de desempeño favorable en M8



**Figura 38:** Porcentaje de respuestas de desempeño favorable en M7 dado que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M8

En función de los resultados anteriores podemos analizar una tendencia particular:

Cuando decimos:

“Del total de estudiantes que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M7, el 20% tuvieron respuestas de desempeño favorable en M8”

Estos datos nos señalan que solo el 20% de los estudiantes capaces de interpretar un fenómeno a la luz de un modelo teórico explícito, también fueron competentes para argumentar estableciendo relaciones formales entre el hecho analizado y su interpretación.

“Del total de estudiantes que no tuvieron respuestas de desempeño favorable en M7, el 80% no tuvo respuestas de desempeño favorable en M8.”

A su vez, esta otra proporción nos indica una correlación más significativa entre los estudiantes que no lograron el máximo desempeño identificando modelos teóricos, y tampoco pudieron desarrollar buenos argumentos.

En conclusión, diremos que cuando los estudiantes presentan dificultades para identificar modelos teóricos o utilizarlos para interpretar un hecho científico escolar, es muy posible que tampoco puedan desarrollar argumentos mediante los cuales elaboren relaciones formales.

Por ejemplo, si analizamos la respuesta del estudiante 1, para la actividad A2.3.a. y b:

En esta actividad se plantea el análisis de una representación pictórica móvil que simboliza una unión puente de hidrógeno. Se pregunta sobre lo que está sucediendo y sobre la interpretación de cada una de las partes.

Respuesta del estudiante 1:

- a) Sucede que hay fuerzas de atracción.
- b) Lo que representan son: las bolitas blancas pueden ser los electrones y las celestes son átomos.

Es apreciable la correlación entre las categorías M7 y M8 en este ejemplo, ya que el estudiante percibe claramente las interacciones entre las entidades químicas, sin embargo, no identifica un modelo teórico (unión puente de hidrógeno), lo que se traduce en argumentos escasos al intentar relacionar el fenómeno y la posible interpretación.

## R8: Entrecruzamiento de M8 y M11

<i>M8</i>	<i>M11</i>		<i>Total general</i>
	<i>Respuestas para M11</i>		
<i>Respuestas para M8</i>	<i>Respuesta de desempeño poco favorable</i>	<i>Respuesta de desempeño favorable</i>	
<i>Respuesta de desempeño poco favorable</i>	5	0	5
<i>Respuesta de desempeño favorable</i>	10	5	15
<i>Total general</i>	15	5	20

**Tabla 25:** Entrecruzamiento de respuestas de desempeño favorable para las categorías M8 y M11

Al cruzar las codificaciones correspondientes a la actividad A1.6.a pudimos observar que:

- Del total de los estudiantes, el 25% respondieron en forma favorable M8 y M11.
- Del total de estudiantes que no tuvieron respuestas de desempeño favorable en M8, el 33% no tuvo respuestas de desempeño favorable en M8.
- Del total de estudiantes que tuvieron respuestas de desempeño favorable en M8, el 100% tuvieron respuestas de desempeño favorable en M11.

La interrelación R8 entrecruza las categorías M8 (Relaciones establecidas mediante argumentos) y M11 (Errores conceptuales y relacionales), de la cual obtuvimos los valores compartidos de respuestas de desempeño favorable más altas. Es decir, esta fue la relación entre categorías que más casos de respuestas favorables presentó en ambas categorías en simultáneo.

Por otro lado, se pudo apreciar que del total de estudiantes que no lograron desarrollar buenos argumentos o simplemente que no argumentaron, el 100%, es decir, ningún estudiante consiguió desarrollar explicaciones claras a partir de conceptos y relaciones acertadas.

## **ANÁLISIS DE ENTREVISTAS DESARROLLADAS EN EL MARCO DE LA INVESTIGACIÓN**

Se realizó una entrevista cualitativa abierta (Grinnell, 1997), basada en preguntas generales que tuvieron como propósito general, desarrollar un proceso de valoración reflexiva a cerca de la estrategia didáctica que debieron resolver previamente los estudiantes, a través de una plataforma virtual.

La entrevista fue realizada sobre una población de seis estudiantes:

### **ESTUDIANTE 1:**

Estudiante de segundo año de Ingeniería Química  
Universidad Nacional de Cuyo  
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria

### **ESTUDIANTE 2:**

Estudiante de segundo año de Ingeniería Química  
Universidad Nacional de Cuyo  
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria

### **ESTUDIANTE 3:**

Estudiante de segundo año de Ingeniería Química  
Universidad Nacional de Cuyo  
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria

### **ESTUDIANTE 4:**

Estudiante de segundo año de Ingeniería Química  
Universidad Nacional de Cuyo  
Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria

**ESTUDIANTE 5:**

Estudiante de tercer año de Profesorado Universitario en Química

Universidad Nacional de Cuyo

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria

**ESTUDIANTE 6:**

Estudiante de tercer año de Profesorado Universitario en Química

Universidad Nacional de Cuyo

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria

Según se especificó en la cuarta etapa metodológica, los tópicos sobre los cuales se hizo hincapié fueron:

- Valoración de la estrategia didáctica por parte de los estudiantes.
- Explicación de las capacidades puestos en juego al resolver este tipo de situaciones.
- Identificación de los conceptos que presentan mayor nivel de dificultad en las situaciones problemáticas resueltas.
- Valoración de la actividad argumentativa como parte de la resolución de situaciones problemáticas.
- Importancia del abordaje del proceso de enseñanza y aprendizaje a partir de la identificación de modelos teóricos y conceptos estructurante comprendidos como “maneras de interpretar un fenómeno e ideas vertebradoras”, respectivamente.
- Valoración de actividades metacognitivas y de autorregulación en el planteo de situaciones de resolución.

## Valoración de la estrategia didáctica por parte de los estudiantes.

### ESTUDIANTE 1:

“Me parece interesante este tipo de actividades, porque supera actividades que nos piden definir conceptos, y al momento de ir a rendir tenés que interpretar...y decís: ¿Cómo lo aplico? Parece que sabemos el concepto, pero no sabemos interpretarlo. Me parece que esta buena la parte más visual, con más ejemplos que nos ayude a imaginar lo que está sucediendo.”

“Me llamó la atención los temas que se planteaban porque hay cosas que tomamos por sabidas y si no se preguntan, no te lo planteas, ni se me había ocurrido pensar por ejemplo si el color del cobre es del átomo de cobre o del elemento”

### ESTUDIANTE 2:

“Me parecieron súper interesantes porque estamos acostumbrados a resolver actividades en las que nos dan datos y nosotros aplicamos fórmulas...en estas situaciones sentí la necesidad de revisar lo que entendía sobre algunos conceptos para poder decidir qué hacer, porque con definiciones no alcanzaba. Por otro lado, me encantaron las imágenes GIF porque pude ver otras cosas, no sé...las interacciones me parece.”

### ESTUDIANTE 3:

“Es difícil explicar lo que me pasó con estas actividades que nos presentaste, porque me pasó lo siguiente: yo tengo un tema con lo que es el aprendizaje en Química...al principio no entendía nada cuando hice el pre, y fue como que en un momento vinieron y me pusieron presión y ahí entendí todo. Después cuando empecé a cursar, era todo muy mecánico, esto funciona así porque es así, después empezaron a meterte: mirá esto funciona así, pero hay ciertos puntos donde no funciona así, es decir hay excepciones. Y ahora, básicamente, son todas excepciones, estudias que un mecanismo se comporta así en ciertas condiciones, pero en general no se comporta así. Entonces, es como que han pasado de decirte: ¿es matemática a es arte, me entendés? Porque es todo mecánico y después es cómo vos lo vas analizando y cómo funciona para vos. Por eso, veo que al principio eran actividades más estructuradas y ahora son más como estas que vos nos presentas, si bien son más simples

las primeras, pero estas actividades son más reales. Y me parece que ayuda mucho incluir GIF, porque sino nos imaginamos cualquier cosa alejada de los comportamientos reales.”

ESTUDIANTE 4:

“Primero que nada, me parece que está bueno, esto de trabajar con lo virtual para ir introduciendo las tecnologías...las imágenes que se movían o los artículos que te permitían ir a otras páginas para encontrar más información, me gustó. En cuanto a las preguntas me parecieron un poco...filosóficas, porque no planteaba la definición formal, sino que cómo se ven otras cosas, como se comporta dependiendo de cómo lo tomes, si como una partícula o como una onda, por ejemplo. Me parece que esto suma y me encantan estos planteos”.

ESTUDIANTE 5:

“Me pareció interesante porque por ahí hay conceptos que uno cree que los tiene como bien incorporados y cuando uno se replantea cosas básicas que parecían aprendidas, aparecen estas preguntas y vos te replanteas si lo que vos crees está bien o si estás equivocándote o quizás tomaste algún modelo que cambió o se modificó o no estaba acertado, o...simplemente no estaba bien incorporado...ahí te das cuenta si estaba bien incorporado el concepto. Y el tema de las imágenes visuales está bueno, porque...mirá yo venía de una ingeniería donde todo era metódico y cuando trabajas con aspectos visuales, te cambia la cabeza y piensas por qué son así las cosas y por qué no son de otra forma, empezás a relacionar. Y en algunas preguntas decía: estará bien, me generó muchas dudas sobre cosas básicas que no te las preguntás todo el tiempo, como que lo que parecía sencillo era lo más complejo. Estuvo muy bueno, me gustó.”

ESTUDIANTE 6:

“Al principio se me hizo confuso porque sentí que no tenía clara la diferencia entre elemento químico, átomo y sustancia. Pero no me pasó con enlace. Me parece que está bueno como esta planteado, porque te hace pensarlo y revisar los conceptos que vos tenés”

---

**Explicación de las capacidades puestos en juego al resolver una situación específica.**

ESTUDIANTE 1:

“Creo que las capacidades más importantes son la observación, el análisis, la interpretación...después es muy importante poder justificar y explicar cada cosa y por qué se resuelve de esa manera”

ESTUDIANTE 2:

“A mí personalmente, siento que me cuesta todo esto de tener que pensar y analizar, porque es mucho más fácil resolver problemas más cerrados quizás. Entonces siento que lo fundamental es saber observar para encontrar o reconocer de qué se está hablando. Después si hay que relacionar para poder resolver, y también explicar y justificar, porque no alcanza con definir cosas...debes poder aplicarlo, sino de qué sirve.”

ESTUDIANTE 3:

“Lo primero cuando lees las consignas y no conocés lo conceptos, es como que no sabes que te están preguntando. Eso es un problema. Otro tema es resolver las situaciones, las imágenes GIF ayudan mucho, porque si no entendés la consigna te podés guiar con la imagen, y esto la gente no lo hace. Creo que hay un gran problema para imaginar las interacciones, y las cosas en general. Para mí lo más importante es poder deducir cosas. En general veo que tendemos a mirar, pero no pensar cómo funcionan las cosas, y lo más importante es relacionar. Entonces relacionar ayuda a predecir comportamientos, cuando es posible.”

ESTUDIANTE 4:

“La capacidad más importante que debemos lograr es relacionar cosas, porque vos podés entender las definiciones, pero cuando las aplicás realmente te das cuenta si las entendiste. Y para mí, la única forma de saber si las entendiste es pensando en si sos capaz de relacionar ideas o conceptos.”

ESTUDIANTE 5:

“Primero la capacidad de observar, hay que dedicarle tiempo a lo visual, después el análisis de cada situación. Se plantean problemáticas, no está el planteo directo, entonces hay que analizar y de ahí sacar conclusiones, poder deducir. En el GIF debemos observar y ver qué ocurre realmente, explicarlo.”

ESTUDIANTE 6:

“Las habilidades y capacidades que se necesitan es la observación, el análisis, la interpretación y descripción también como parte de la observación. Y la argumentación también.”

## Identificación de los conceptos que presentan mayor nivel de dificultad en las situaciones problemáticas resueltas.

ESTUDIANTE 1:

“Para mí la dificultad está en pensar “lo teórico”, o sea estudio lo que es un **átomo**, las **propiedades**, pero después cuando hay que aplicarlo o plantearlo en una situación problema, pienso: ¿cómo relacionarlo con lo que ya sé? Porque lo otro, si lo ves con esquemas y GIF puedo imaginarlo, pero si es muy teórico no me doy cuenta.”

ESTUDIANTE 2:

“Yo creo que los conceptos son complicados cuando son definiciones solitarias, como si no se relacionara con nada. A mí me cuesta darme cuenta de las **relaciones** entre las cosas, y creo que sería interesante poder aprender de otra manera. En realidad, podría decir que todo parece fácil y simple cuando se define, pero cuando hay que aplicar todo se complica.”

ESTUDIANTE 3:

“A mí me parece que el tema de la **nube electrónica** la gente es como que no lo capta bien, porque a partir de esto puedes deducir el comportamiento de varias cosas, y es como que la gente no se da cuenta y estudia de memoria, en cambio si vos decís por ejemplo: tenés ácido clorhídrico y ácido bromhídrico, y tenes que elegir el más fuerte, todo dijeron el clorhídrico, porque es el más usado y conocido como fuerte, pero nadie se puso a pensar si el bromo tenía mayor radio atómico o si el cloro el más chico y entonces es más fácil que salga el protón. Es como que se pierde el preguntarse a sí mismo.

Después el puente de hidrógeno no es difícil, pero es necesario entender lo anterior. Creo que acá es importante el GIF porque sino se piensa que es estático y eterno un puente de hidrógeno.

El tema de **solubilidad** yo lo veo complicado, al principio no entendía por qué podías disolver hasta cierto punto. Es cómo que no se explica por qué...Después...la formación de sales, porque no se explica la disociación, y no se logra armar las sales.

La **unión metálica** y la **estructura metálica** del mar de electrones son como ideas rígidas.”

ESTUDIANTE 4:

“Para mí el tema de las **propiedades** es complejo porque entender la propiedad es entender la relación entre cosas que debes conocer, o sea entender qué es un átomo me parece mucho más simple que comprender una propiedad.”

ESTUDIANTE 5:

“Me parece que las **interacciones** son difíciles de visualizarlas, creo que por ejemplo con GIF lográs verlo, pero no significa que lo entendés. Por otro lado, esto de considerar la posibilidad de pensar la **precipitación** como fenómeno físico o químico, no lo había pensado siquiera.”

ESTUDIANTE 6:

“Para mí los conceptos que son más complicados o que son confusos son los de **átomo**, **elemento químico**, **sustancias puras**, también cuando se habla de **propiedades de elementos y propiedades de átomos**, también es parte de diferenciar elemento y átomo entonces las propiedades se te confunden si no tenés claros esos conceptos. **Objeto cristalino y no cristalino**, lo tenía muy básico y cuando debo aplicarlo se me complicó.”

---

**Valoración de la actividad argumentativa como parte de la resolución de situaciones problemáticas.**

ESTUDIANTE 1:

“A mí me parece que sí, ahora más que nunca porque me doy cuenta de que estamos acostumbrados a definir, pero no se pide que interpretemos. Después en el parcial se pide que argumentemos, interpretemos y no sabemos cómo. Estaría bueno hacer más hincapié en eso y no tanto en formular.”

ESTUDIANTE 2:

“Yo creo que es importante porque cuando argumentamos o explicamos algo realmente nos damos cuenta si lo entendemos. Es como si es en ese momento relacionas todo. Pero bueno...debiéramos practicar más.”

ESTUDIANTE 3:

“Me parece re importante porque cuando uno argumenta parece que tiene que darle forma a lo que piensa, porque podés usar una ecuación, pero muchas veces no sabés ni lo que estás haciendo, te hace pensar y no se hace mucho. El hecho de preguntar todo el tiempo el por qué, es una buena forma de estudiar.”

ESTUDIANTE 4:

“A mí me parece que sirve mucho preguntarse el por qué, porque así planteas relaciones y todo tiene más sentido, sino estudias de memoria.”

ESTUDIANTE 5:

“Creo que es muy importante argumentar porque si no lo hacés no entendés completamente, es como que si uno desde lo que entiende debe tratar de explicarlo, entonces armamos nuestra propia definición y armamos un punto de vista.”

ESTUDIANTE 6:

“La argumentación ayuda mucho, es la base para entender un concepto, el entender por qué o para qué es re importante para que alguien lo entienda realmente, sino queda como una definición de algo que yo no puedo justificar. En cambio, si puedo argumentarla es como que la entendí, o sea me queda mucho más claro. Argumentar le da validez y apoyo a lo que digo.”

**Importancia del abordaje del proceso de enseñanza y aprendizaje a partir de la identificación de modelos teóricos y conceptos estructurante comprendidos como “maneras de interpretar un fenómeno e ideas vertebradoras”, respectivamente.**

ESTUDIANTE 1:

“Siento que es importante identificar los modelos teóricos para entender fenómenos, pero también siento que me cuesta identificar esas ideas importantes que vos nombrás. Parece que no siempre son tan obvias ni tampoco la relación entre teorías.”

ESTUDIANTE 2:

“Yo siento que aprendemos teorías y las aplicamos...hay materias que nos hacen relacionar más, pero no identifico modelos teóricos...y las ideas más importantes son conceptos, pero no siempre están relacionados con todo.”

ESTUDIANTE 3:

“Yo considero que sería importante que nos mostraran un modelo teórico y nosotros pudiéramos pensar por dónde lo puedo aplicar, o fijarme qué cosas coinciden para que yo te lo cuente y vos me digas si está bien. Es decir, por ejemplo, como si quisiéramos explicar algo y no alcanza con una teoría...entonces buscamos otra.”

ESTUDIANTE 4:

“Me parece que sería interesante si pudieran darnos un fenómeno para analizar para después buscar posibles explicaciones a partir de alguna teoría, sino uno se encajona en una única forma de ver las cosas.”

ESTUDIANTE 5:

“Considero que la importancia de pensar en modelos teóricos e ideas estructurantes son las relaciones entre ellas, porque si no puedo reconocer las relaciones entre ideas que identifiqué antes, tampoco puedo buscar el modelo, si no serían ideas sueltas o sin sentido.”

ESTUDIANTE 6:

“Me parece que son muy importantes porque también le da un poder para argumentar, porque si yo tengo de base un modelo, puedo reconocer esos ejes vertebradores o esas características que tiene ese modelo o que yo tengo que encontrar en ese fenómeno para explicarlo con ese modelo, me ayuda a argumentar esa situación y otras más, porque identifico esas partes y las voy trasladando.”

---

**Valoración de actividades metacognitivas y de autorregulación en el planteo de situaciones de resolución.**

ESTUDIANTE 1:

“En mi caso personal no lo hago, no me replanteo sobre lo que me pasa, porque vivo corriendo con los tiempos. Pero me hace falta, y creo que sería importante que formara parte de las actividades de cada materia.”

ESTUDIANTE 2:

“La verdad es que no me lo había planteado. Si me pasa, que siento que no soy inteligente cuando todos resuelven y a mí me lleva más tiempo...ahora pienso que quizás si dedicara un tiempo en pensar lo que me pasa en la cabeza cuando resuelvo, sería distinto.”

ESTUDIANTE 3:

“La verdad es que no sé, porque nunca lo hacemos...si sé que no me cuesta entender, pero si ponerme a hacer las cosas. Y creo que sí, sería importante para hacer todo más a conciencia.”

ESTUDIANTE 4:

“Me parece que estaría bueno, pero lleva mucho tiempo, y las materias son semestrales y no se hace mucho de esto. Si lo hacés es en la instancia final, porque ahí te ponés a pensar críticamente en el propio proceso.”

ESTUDIANTE 5:

“Creo que la metacognición y la autorregulación no son parte del día a día ni en la escuela ni en la universidad. Sería importante que existieran esos lugares para pensarse, pero realmente no son comunes. Implicaría otra manera de enseñar y de aprender para mí.”

ESTUDIANTE 6:

“Me parecen muy importantes para que los estudiantes puedan hacerse conscientes de cómo están pensando las cosas, cómo las interpretan y si se pueden aplicar o no. Así irían armando el conjunto de las ideas.”

A partir del decir de los estudiantes, podemos detectar una valoración positiva hacia la estrategia didáctica, teniendo en cuenta la naturaleza de las situaciones, tendientes a problematizar conceptos básicos para luego resignificar relaciones e interacciones. La presencia de las representaciones pictóricas móviles fue un aspecto muy nombrado y apreciado por los estudiantes, asociándolas con procesos que favorecen el pensamiento divergente y la imaginación, reconocidos como procesos necesarios en el aprendizaje y la enseñanza de la Química.

En cuanto a las capacidades cognitivas involucradas en los procesos de resolución, se observaron importantes coincidencias en habilidades como la observación, interpretación, análisis, deducción, inferencia, justificación y explicación.

La identificación de los conceptos que podrían presentar mayor nivel de dificultad fue un aspecto que también encontró significativas convergencias, centrándose en ideas como las vinculadas con los átomos, elementos y sustancias puras, las propiedades y principalmente las relaciones e interacciones. Se advirtió una verdadera crítica constructiva hacia la desconexión conceptual y la separación innecesaria de la teoría y la práctica.

En relación con la argumentación, se detecta una valoración positiva que da cuenta de una consideración ligada con la actividad cognitiva. Es decir, se establece un vínculo explícito entre la argumentación y la capacidad de explicar, sin embargo, se asocia con un proceso de construcción de significados.

Cuando se indagó en la importancia del abordaje de modelos teóricos y su relación con conceptos estructurantes, fue muy notoria la tendencia a enfatizar dos aspectos: la presencia de teorías desconexas que no parecen conformar un modelo teórico propiamente dicho, por lo tanto, identificar ideas vertebradoras no parece algo posible. Y, por otro lado, la mayoría de los estudiantes hizo alusión a la “aplicabilidad” como una condición necesaria para otorgar sentido a lo que se aprende.

Por último, los procesos de metacognición y autorregulación fueron muy valorados por los estudiantes de carreras de formación docente, sin embargo, para los estudiantes de ingeniería, implicaban una actividad que demandaría tiempos relevantes, aunque aseguraban que sería importante incluirlas en las actividades cotidianas.

## CAPITULO VII

### Conclusiones y Perspectivas

---

#### Discusiones

Para el desarrollo de esta etapa final, proponemos un espacio de reflexión que ponga en diálogo las intencionalidades de esta tesis, los resultados obtenidos mediante las propuestas metodológicas y los planteos teóricos que han otorgado un sentido particular al estudio.

Atendiendo a estas consideraciones, retomaremos algunos resultados provenientes del desarrollo metodológico y los vincularemos con aspectos puntuales que han sido analizados previamente a la luz de las cuestiones teóricas del Capítulo V.

Luego de interpretar y analizar las respuestas de los estudiantes, referidas a la resolución de las situaciones relevantes para el tratamiento de la Estructura de la materia, se pudo apreciar la convergencia significativa con los resultados de la investigación desarrollada por Marín y Benarroch (1997), citada en el estudio de antecedentes. Los autores, afirmaban identificar tres características fundamentales en las respuestas de los estudiantes que conformaban su población de investigación: Respuestas declarativas, estáticas y limitadas (p. 25).

A pesar de que esta tendencia hacía referencia a estudiantes de nivel medio, estamos en condiciones de afirmar comportamientos significativamente similares para estudiantes universitarios, e inclusive correlacionarlas con las categorías de análisis de nuestro estudio.

Cuando se refirió al orden de respuestas declarativas, se hizo hincapié en la capacidad de expresar “lo que piensan los estudiantes, pero no los mecanismos de razonamiento puestos en juego”. Esta característica, refleja dos aspectos: las escasas instancias metacognitivas y autorregulativas que se propician en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, y el segundo aspecto, una separación entre lo que se plantea desde el campo de la Didáctica de la Química, y la situación real en las aulas, entre “los saberes de los estudiantes” y la forma en que los modelos teóricos ofrecen una manera posible de interpretar y transformar la realidad.

Por otro lado, las respuestas de los estudiantes demostraron ser estáticas, en cuanto y en tanto no informaban sobre el grado de estabilidad de los conceptos ante nuevas situaciones. Esta característica, cobra fundamental importancia en nuestro estudio, ya que si bien asumíamos la posibilidad de una coexistencia de concepciones por parte de los estudiantes (Currea, 2010), cuando la secuencia de situaciones tendía a desestabilizar la definición tradicional de una entidad química conocida, fue posible observar la fuerte presencia de errores conceptuales y relacionales.

Como se demostró mediante el análisis estadístico cualitativo, las categorías compartidas M5 y M11 (Errores conceptuales y relacionales para situaciones sin y con representaciones pictóricas móviles, respectivamente), presentaron una fuerte codificación basada en explicaciones poco claras, con presencia de conceptos acertados y relaciones erróneas, o ausencia de explicaciones, dando cuenta de lo anterior.

Al mismo tiempo, la interrelación entre las categorías compartidas M8 (Relaciones establecidas mediante argumentos) y M11 (Errores conceptuales y relacionales) fue el entrecruzamiento que más respuestas de desempeño favorable tuvo, dejando entrever el vínculo entre las capacidades para elaborar buenas explicaciones a partir de conceptos acertados y las habilidades para establecer relaciones formales entre fenómenos y posibles interpretaciones. Esta tendencia, ejemplifica la tercera característica de las respuestas: “limitadas”, por no informar el grado de relación de la idea con los elementos cognitivos puestos en juego.

Otro de los aspectos relevantes, que permite establecer relaciones valiosas, se centra en la argumentación. Como se manifestó en el desarrollo teórico, nos propusimos abordar la argumentación desde la perspectiva de Adúriz-Bravo (2016): “Como un acto de creación de significado y de conocimiento”. Para ello, al momento de diseñar la estrategia didáctica correspondiente a la primera etapa del marco metodológico, se plantearon actividades que generaran la necesidad de construir “buenas explicaciones”.

La valoración de este aspecto fue muy positiva por parte de los estudiantes entrevistados, quienes expresaron estar de acuerdo tanto con la importancia de utilizarla, como con la necesidad de mejorar las habilidades de pensamiento asociadas a ella. En sus discursos, la argumentación y la construcción de significados son dos procesos indisolubles.

Lo anteriormente expuesto queda evidenciado también, a partir de las interrelaciones entre categorías estudiada en el análisis de resultados. Allí se estableció una significativa correlación entre la capacidad de los estudiantes para elaborar buenas argumentaciones, en términos de Izquierdo-Aymerich (1999) y las habilidades vinculadas con la interpretación de un hecho científico escolar por medio de modelos teóricos escolares.

Por su parte, el análisis de los modelos teóricos escolares ha implicado un importante aporte a nuestra investigación, desde varios aspectos. En una primera instancia, se planteó, en concordancia con las ideas de Giere (2004) que el tipo de modelo utilizado para representar un fenómeno real depende del tipo de situaciones a las cuales los estudiantes sean expuestos.

En este sentido resignificábamos, en el desarrollo teórico, el rol docente como un verdadero mediador cognitivo (Barrow, 1995), es decir como un constructor de situaciones que posibiliten el desarrollo de capacidades específicas. Estas situaciones, llevadas a cabo mediante actividades de resolución y reflexión, pretendían “otorgar sentido Químico” y generar “experiencia Química” en los estudiantes. Según las entrevistas realizadas, estas situaciones fueron valoradas de manera positiva. Los estudiantes manifestaron estar de acuerdo con este tipo de estrategia didáctica porque los hacía “pensar” y problematizar cuestiones que se consideraban comprendidas.

Otro de los aspectos relevantes en relación con los modelos teóricos y su importancia en nuestro estudio, queda reflejado en la construcción de dos categorías compartidas que explícitamente los analizan. Con el propósito de identificar los posibles modelos teóricos escolares asociados a la Teoría de la Estructura Atómica de la materia, se lograron rastrear relaciones sustanciales entre los procesos cognitivos involucrados.

Se detectó, a la luz del estudio estadístico descriptivo, una gran dificultad para identificar y aplicar modelos teóricos escolares cuando las capacidades de relacionar y argumentar no alcanzaron un nivel de desempeño favorable.

Por su parte, al momento de evaluar la capacidad de resolver situaciones identificando ideas vertebradoras, y la posible congruencia con la interpretación de fenómenos en términos de

modelos teóricos, se demostró una marcada interrelación que dio cuenta de la importancia de poner en diálogo ambas habilidades. Como lo evidenciaron las entrevistas y el entrecruzamiento de categorías, reconocer los conceptos estructurantes favorece la identificación y aplicación de modelos teóricos escolares.

La búsqueda de evidencias que de alguna manera esclarecieran los procesos de modelización desarrollados por los estudiantes al resolver determinadas situaciones, contribuyó en la comprensión del razonamiento escolar. Es decir, se lograron demostrar tendencias que arrojan luz sobre la forma de razonar en y sobre el ámbito educativo, por medio del abordaje de procesos de aproximaciones sucesivas.

Por último, retomaremos la relación íntima entre la Ciencia Escolar y el proceso de enseñanza y aprendizaje, resignificando las tres capacidades cognitivas destacadas por Guidoni (1985): pensar, actuar y comunicar.

A la luz de los resultados obtenidos, y de las categorías compartidas (M4 y M10) centradas en la “aplicabilidad y ejemplificación”, cuando los estudiantes aprenden saberes contextualizados, construyendo el objeto de estudio y reconociendo una posible manera de verlo (modelo teórico), se favorece la comprensión acerca de:

- Para qué pensar sobre una cuestión.
- Para qué y cómo transformar el fenómeno que se está pensando.
- Cómo y con qué intencionalidades comunicarlo.

En coincidencia con las opiniones expuestas en las entrevistas, los procesos metacognitivos y de autorregulación, no son comunes en la cotidianeidad de las aulas. Sin embargo, las capacidades cognitivas mencionadas ameritan de un estudiante activo, consciente de su propio proceso de aprendizaje que logre aplicar y ejemplificar, traspolando modelos teóricos escolares según límites de validez de las condiciones, o reconstruyendo otros.

## Objetivo General y Resultados Alcanzados

El objetivo general propuesto en esta tesis:

Indagar el campo histórico y epistemológico de la Química, desde la Filosofía de la Química y la concepción semántica, en particular sobre la estructura atómica, identificando posibles obstáculos epistemológicos que puedan influenciar en el proceso de modelización, desde la perspectiva de la Ciencia Escolar tanto en la formación docente como en carreras de ingeniería, ambos en niveles universitario y no universitario.

Un estudio del campo histórico y epistemológico de la Química, acompañado de una interpretación a la luz de la propuesta de Ciencia Escolar y la perspectiva teórica del Modelo Cognitivo de Ciencia, contribuyó con dos procesos:

- 1) La identificación de concepciones vinculadas a la Teoría de la Estructura de la Materia, y derivadas de ellas, además del reconocimiento de determinados conceptos centrales cuya construcción implicó un verdadero proceso de ruptura epistemológica en la historia de la Química.
- 2) La vinculación de estos conceptos (analizados como “conceptos estructurantes” al interior de nuestra investigación), interpretados como obstáculos epistemológicos, en el contexto de la Didáctica de la Química, y en los procesos de modelización llevados a cabo por los estudiantes a resolver un tipo determinado de situaciones.

Según se desarrolló en el capítulo V, sección 5.1.1.c, las unidades de análisis teóricas construidas para llevar a cabo esta investigación se basan en estas concepciones y sus conceptos centrales derivados:

- Primera Unidad de Análisis Teórica: Percepción de la estructura de la materia.
- Segunda Unidad de Análisis Teórica: Modelos explicativos válidos para argumentar fenómenos.

Las concepciones analizadas son:

- ⇒ Sustancialismo
- ⇒ Atomismo
- ⇒ Química de los Principios
- ⇒ Química de los Elementos

De ellas se derivan los siguientes conceptos, considerados “Conceptos estructurantes” en el marco del presente trabajo de investigación:

- ⇒ Átomos
- ⇒ Elementos
- ⇒ Sustancia Pura
- ⇒ Mezcla
- ⇒ Mol
- ⇒ Propiedades de Átomos
- ⇒ Propiedades de Elementos
- ⇒ Uniones Intermoleculares
- ⇒ Uniones Intramoleculares
- ⇒ Precipitación
- ⇒ Fenómenos Químicos y Físicos
- ⇒ Niveles de la materia: submicroscópico, microscópico y macroscópico
- ⇒ Fenómeno de Conductividad

A partir de la identificación de estos conceptos estructurantes, se confeccionó y validó una estrategia didáctica, por medio de la cual, pudieron indagarse en profundidad los procesos de modelización vinculados con el desarrollo de capacidades cognitivas por parte de los estudiantes.

Se elaboraron categorías para favorecer la interpretación de estos procesos, y se establecieron interrelaciones entre ellas.

### Objetivos Específicos y resultados alcanzados:

- Elaborar herramientas de análisis, mediante la construcción de situaciones relevantes a modo de actividades, en las cuales se produzcan episodios que den lugar a hechos ejemplares propiciando el desarrollo de procesos de modelización.

Luego de construir las unidades de análisis teóricas a partir del estudio de concepciones y conceptos que implicaron una ruptura epistemológica en la historia de la Química, se diseñó una secuencia de actividades a modo de estrategia didáctica. La misma se compuso de dos conjuntos de situaciones, las que presentaron representaciones pictóricas móviles y las que no.

La planificación de las actividades se llevó a cabo según la Taxonomía de Bloom, siguiendo un criterio basado en el desarrollo de capacidades y habilidades de pensamiento en orden creciente de complejidad.

Estratégicamente, se plantearon situaciones intentando desequilibrar y desnaturalizar definiciones tradicionales, para luego abordar relaciones, análisis y argumentaciones, por medio de situaciones problemáticas que implicaran representaciones familiares para los estudiantes.

La presentación de dichas situaciones fue llevada a cabo mediante un espacio interactivo correspondiente al campus virtual de la Universidad Nacional de Cuyo. Esta herramienta favoreció una relación dinámica entre el estudiante y las situaciones problemáticas, intentando facilitar la percepción de interrelaciones, aspecto que se logró.

- Identificar el conjunto de posibles modelos teóricos escolares asociados a la teoría de la estructura atómica, analizar cómo se establecen las relaciones entre fenómenos e interpretaciones y cuáles son los obstáculos epistemológicos asociados a ellos en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

El proceso de resolución de las situaciones relevantes permitió detectar los principales modelos teóricos puestos en juego por los estudiantes, en relación con la estructura de la materia.

En primer lugar, se puede mencionar que la teoría de la estructura de la materia en términos de la Teoría Atómica de Dalton fue la más utilizada. Sin embargo, se detectó una importante tendencia a mal interpretar los modelos atómicos escolares, considerándolos como distintos tipos de representaciones opcionales para imaginar la estructura de un átomo.

Mucho de los estudiantes, consideran que los modelos atómicos constituyen teorías, sin identificar límites de validez ni alcances del modelo.

Con respecto al estudio y aplicación de propiedades, se detecta un enunciado que forma parte de un modelo teórico implícito que supone:

“Las propiedades de un sistema son el resultado del comportamiento de sus partículas”

A partir de esta premisa, se interpretan las diferentes propiedades generalizando comportamientos, sin tener en cuenta por ejemplo que las partículas no tienen necesariamente las mismas propiedades del sistema al que pertenecen, o al menos no el mismo tipo de propiedades.

Podemos problematizar entonces que las propiedades físicas son propiedades macroscópicas de conjunto, es decir no suponen propiedades individuales. A diferencia de las propiedades químicas que se manifiestan tanto a nivel macromolecular como submicromolecular.

Se percibe a través de este ejemplo, una tendencia a no diferenciar los distintos niveles de representación de la materia y como consecuencia, a construir interpretaciones erróneas.

Se detectó la persistencia y coexistencia de errores conceptuales vinculados a la escasa presencia e identificación de conceptos estructurantes, como así también la ausencia de valiosas relaciones que vertebran dichas ideas, dentro de un modelo teórico específico.

Esta interpretación aislada y desconexa de las entidades químicas posibilita imaginar átomos, por ejemplo, pero sin tener en cuenta las interacciones que les dan “sentido químico”.

Se evidenció una gran confusión referida a las partes de un átomo, la identidad de los elementos y sustancias puras, basadas en una mezcla acrítica de modelos para representarlos.

Como pudo demostrarse en el estudio estadístico, las situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles favorecieron las capacidades vinculadas a la ejemplificación y aplicación, como también a la percepción de las interacciones de la materia. Sin embargo, la interpretación de los fenómenos se desarrolló por medio de conceptos desconexos, reducidos a definiciones en una proporción significativa de los estudiantes.

Además de los mencionados anteriormente, los modelos teóricos escolares mayormente asociados a la Teoría de la Estructura de la materia fueron:

- ⇒ Uniones Químicas
- ⇒ Propiedades Periódicas y sus relaciones
- ⇒ Interacciones entre fuerzas (Ley de Coulomb)

Como frecuentemente los modelos teóricos son utilizados como marcos teóricos aislados de sentido, reducidos a definiciones históricas extraídas de su contexto químico, no se identifican en ningún momento los fenómenos empíricos de los cuales pretenden dar cuenta. Este comportamiento da lugar a una extrapolación de explicaciones carentes de sentido y capaces de generalizarse a cualquier situación problema.

Es así como la Teoría de la Estructura Atómica se transforma en una teoría científica escolar por medio de ideas, generalmente aisladas que no tienen ninguna conexión con la realidad.

- Analizar procesos de modelización llevados a cabo por estudiantes, identificando conceptos estructurantes y hechos significativos, mediante el estudio de capacidades cognitivas vinculadas con la argumentación y la posibilidad de generar preguntas genuinas.

Los procesos de modelización en la enseñanza y aprendizaje implican un importante desafío, ya que como se había analizado previamente, los estudiantes no conocen en su totalidad las teorías, posibles aplicaciones y lenguajes. Sin embargo, fue posible indagar en ellos, a través del análisis y categorización de las respuestas de los estudiantes.

Para ello, se propuso identificar no solo los conceptos estructurantes puestos en juego, sino también los modelos teóricos utilizados, las relaciones establecidas mediante argumentos, las capacidades relacionadas con la aplicabilidad y ejemplificación, como también los errores conceptuales y relacionales demostrados mediante la elaboración de explicaciones.

En las situaciones que presentaron representaciones pictóricas móviles, se evaluó también la capacidad de interpretar estas representaciones según la identificación de los niveles macroscópicos, submicroscópicos y simbólicos al momento de establecer relaciones y conexiones.

En cuanto a los hechos significativos, las situaciones relevantes plantearon una serie de hechos del mundo, con la intención de que los estudiantes los analizaran a través de un modelo teórico escolar e identificaran el hecho científico al que se asociaban. La valoración de este proceso supuso evaluar las interrelaciones entre categorías.

Las capacidades argumentativas fueron evaluadas positivamente por los estudiantes mediante el desarrollo de las entrevistas personalizadas. La calidad de las mismas se analizó en función de las relaciones establecidas entre el fenómeno y sus posibles interpretaciones.

Por último, la capacidad de generar preguntas genuinas se vio limitada por una actitud significativamente pasiva cuando se propusieron actividades basadas en la construcción de críticas constructivas u optimización de materiales didácticos.

## **Análisis de Hipótesis**

Una de las intenciones que se propuso lograr mediante nuestro trabajo de investigación fue analizar la Teoría de la Estructura Atómica, desde el marco de la Historia y Epistemología de la Química, e indagar en la relación que se basa en suponer que, si los conceptos y saberes involucrados en esta teoría científica son problemáticos en el ámbito de la filosofía de la Química, es esperable encontrar dificultades en la enseñanza y aprendizaje de los mismos.

Por ende, una manera de solucionarlos era brindar aquellos análisis que provienen de la filosofía de la Química más reciente y de preferencia.

### ***H1: Hipótesis Uno***

Analizar y evaluar el conjunto de modelos que identifican la Teoría de la Estructura Atómica, reconociendo los obstáculos epistemológicos asociados a ella, favorecerá la posibilidad de establecer una relación, que sostenga que, si ciertos conceptos involucrados en la familia de modelos identificada son problemáticos en el ámbito de la filosofía de la Química, es esperable encontrar dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Química.

### **Análisis de Hipótesis Uno:**

A la luz de los resultados alcanzados mediante la elaboración, validación y evaluación de la estrategia didáctica construida, puesta en diálogo con el desarrollo de entrevistas personalizadas abiertas, y la triangulación teórica correspondiente, se puede concluir que dicha suposición es verdadera. El desarrollo de nuestro estudio evidenció que los conceptos y saberes vinculados con la percepción de la estructura de la materia, detectados como problemáticos desde el punto de vista epistemológico, en el proceso de construcción histórico de la Química, también se transformaron en obstáculos epistemológicos en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Química.

Abordar el análisis de esta problemática desde la filosofía de la Química, favoreció un estudio profundo que logró poner en diálogo los procesos de construcción de algunas concepciones propias de la Química y la reconstrucción de esas concepciones en el contexto de la Didáctica de la Química.

## **H2: Hipótesis Dos**

De establecerse la relación anterior, una manera posible de esclarecer problemáticas y dificultades es brindar un análisis que intente estudiar el proceso de modelización que llevan a cabo los estudiantes al intentar resolver nuevas situaciones, aplicando la propuesta de Ciencia Escolar de Izquierdo-Aymerich a una estrategia de enseñanza de la Química, abordando dicha propuesta desde el Modelo de Ciencia Cognitivo de Ronald Giere.

### **Análisis de Hipótesis Dos:**

Si bien se reconoce la complejidad asociada a los procesos de construcción de significado y de modelizaciones, se asume que el hecho de estudiar dichos procesos llevados a cabo por los estudiantes, al resolver la estrategia didáctica diseñada, colaboró con el proceso de elucidación de importantes problemáticas correspondientes al proceso de enseñanza y aprendizaje de la Química.

El abordaje a la luz de ambas propuestas teóricas permitió indagar y comprender en profundidad, los procesos que la ciencia científica sufre para transformarse en Ciencia Escolar, explícitamente en el marco de problematización de los conceptos que fueron percibidos como obstaculizadores bajo un proceso de vigilancia epistemológica.

### **H3: Hipótesis Tres**

Teniendo en cuenta la complejidad del proceso de construcción de conceptos, significados y significantes en el campo de la Química, consideramos que el análisis de posibles procesos de aproximación sucesiva en la construcción de los mismos, a partir de la confrontación del estudiante a nuevas situaciones, favorecerá la comprensión y entendimiento de procesos asociados a la enseñanza y aprendizaje de la Química, y específicamente los vinculados con la estructura atómica.

### **Análisis de Hipótesis Tres:**

El diseño estratégico de una secuencia didáctica de actividades, que contemplara como desafío el proceso vinculado al desarrollo de capacidades y habilidades de pensamiento en orden ascendente de complejidad, resultó ser una potente herramienta para llevar a cabo una intensa aproximación sucesiva para con el trayecto cognitivo recorrido por los estudiantes al enfrentarse a un nuevo tipo de situaciones. A su vez, permite establecer posibles líneas de acción que favorezcan los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Química, en particular y la ciencia, en general.

### **Perspectivas a Futuro**

A partir del estudio realizado, se considera que esta tesis podría ofrecer un aporte hacia una mirada didáctica de la Química, comprendiendo que este punto de vista implicaría un punto de partida y no de llegada de la Química mirándose a sí misma, desde una doble perspectiva: “como ciencia viva, dinámica”, y “como una ciencia que puede ser enseñada y aprendida”.

Es por ello, que proponemos algunas perspectivas a futuro, basándonos en los elementos problematizados, los resultados encontrados y las intencionalidades expresadas.

Uno de los aspectos centrales según el cual se resignifica “la manera de hacer ciencia”, está situada en el rol docente. Su tarea constante de deconstrucción de la realidad y la construcción de situaciones que propicien las capacidades de los estudiantes no tiene un límite real.

Por esto, la primera perspectiva a futuro plantea el desarrollo de una propuesta estratégica para sistematizar procesos de reconstrucción conceptual por medio de los cuales se reordenen los sistemas conceptuales puestos en juego al momento de planificar los Diseños Curriculares Nacionales, o cualquier fuente de desarrollo curricular. De esta forma se optimizarían los usos críticos y constructivos de determinados modelos teóricos escolares, a sabiendas de sus posibles límites de validez y alcances, en el marco de las Teorías Semanticistas y la propuesta de Ciencia Escolar.

El segundo planteo, se centra en una propuesta que invita a repensar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Química, poniendo en diálogo las capacidades metacognitivas

y de autorregulación con las habilidades para “pensar, transformar y comunicar” lo que se construye y aprende.

En el marco de la propuesta de Izquierdo-Aymerich (1999), se sugiere la apertura de ámbitos de debate y formación continua en el contexto de la formación de formadores de todos los niveles, centrados en resignificar la importancia del trabajo con modelos teóricos escolares, la identificación de ideas estructurantes transformadas en motores generadores y la posibilidad de crear, en función a esto, materiales potencialmente significativos, en términos de Ausubel (1983).

La tercera línea de acción responde a los resultados del análisis y la demanda por parte de los estudiantes, acerca de trabajar las capacidades argumentativas en ciencia, como un medio de construcción de significado. Sin embargo, un aspecto que revaloriza esta demanda es la propuesta de generar situaciones de aprendizaje estratégicas, de manera tal, que tanto la comprensión, la inferencia, la creación y la argumentación sean absolutamente necesarias.

---

## BIBLIOGRAFÍA

Acevedo-Díaz, J. A. & Manassero-Mas, M. A. (2005) Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 1-30.

Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo-Aymerich, M. (2001) Integración de la Epistemología en la formación de profesores de Ciencia. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de la Didáctica de las matemáticas y las Ciencias Experimentales.

Adúriz-Bravo, A. (2005) Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales (No. Sirsi) i9789505576555).

Adúriz-Bravo, A. (2008) Un modelo de ciencia para el análisis epistemológico de la Didáctica de las Ciencias Naturales. *Revista Perspectivas Educativas*, 1.

Adúriz-Bravo, A. & Izquierdo-Aymerich, M. (2009) Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales, *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4, 40-49

Adúriz-Bravo, A. (2016) La Argumentación basada en modelos. *Perspectivas Teóricas*. Conferencia Plenaria llevada a cabo en XII Jornadas Nacionales, VII Congreso Internacional de la Enseñanza de la Biología y III Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias (CIEC), organizado por ADBiA (Asociación de Docentes de Ciencias Biológicas de la Argentina) y el ISP JV González, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Aliberas, J., Gutierrez, R., & Izquierdo, M. (1989) Modelos de aprendizaje en la didáctica de las ciencias. *Revista Investigación en la Escuela*, (9), 17-24.

Althusser, L. (1974) *Philosophie et philosophie spontané e des savants*. París, Mastero, 1977

Altisen, C. (2001) *Epistemología y Metodología*. Universidad Católica de la Plata, Facultad de Psicología.

Alzate Cano, M. V., Caballero, C., & Moreira, M. A. (2006) Multiplicidad funcional de la representación molecular: Implicaciones en la enseñanza y aprendizaje de la Química. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 1(2), 1-26.

Arango Gómez, R. O. (2014) *Los organizadores gráficos: un aprendizaje significativo desde una perspectiva constructivista como propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de la química abordados en la educación media secundaria (Disertación doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín)*.

Ariza, Y., Lorenzano, P., & Adúriz-Bravo, A. (2010) Dificultades para la introducción de la “familia semanticista” en la Didáctica de las Ciencias Naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (1900-9895)*, 6(1). Aspectos epistemológicos en la enseñanza de la ciencia. *Asociación Docentes de Ciencias Biológicas* (2016, Octubre 6). La Argumentación basada en modelos. *Perspectivas teóricas [Archivo de video]*. Recuperado de [https://youtu.be/gVygB\\_9jot4](https://youtu.be/gVygB_9jot4)

Ariza, Y., & Adúriz-Bravo, A. (2012) La 'Nueva Filosofía de la Ciencia' y la 'concepción semántica de las teorías científicas' en la Didáctica de las Ciencias Naturales. *Revista de Educación en Ciencias Experimentales y Matemática*, 2, 81-92.

Ariza, Y., Lorenzano, P., & Adúriz Bravo, A. (2016) La noción estructuralista de "comparabilidad empírica" y la enseñanza modelo-teórica de las ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 12(1).

Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978) *Educational psychology: A cognitive view*.

Ausubel, D. (1983) *Teoría del aprendizaje significativo*. Fascículos de CEIF, 1.

Aymerich, M. I., & Nacionales, V. J. (2004) Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: Contextualizar y Modelizar. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 92(4/6), 115-136.

Bachelard, G. (1971) *Epistemología*, Editorial Anagrama. Barcelona. España.

Bachelard, G. (1978) "Conocimiento común y conocimiento científico", en *El racionalismo aplicado*, versión castellana de Irene A. Ramos, Buenos Aires, Paidós, 99-13.

Bachelard, G. (1987) 'La Formación del Espíritu Científico. Siglo XXI. 20

Badillo, R. G. (2004) Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 3(3), 301-319.

Ballester, A. (2002) El aprendizaje significativo en la práctica. Seminario de Aprendizaje Significativo, 16-21.

Baquero, R. (1999) Vigotsky y el aprendizaje escolar. Vol. 4, 278-287. Aique.

Barrow, LH. (1995) Desarrollo y aplicación de una prueba de diagnóstico de dos niveles que mide la comprensión de los estudiantes de biología universitaria de la difusión y la ósmosis después de un curso de instrucción. Revista de investigación en Science Teaching , 32 (1), 45-61.

Ben-Zvi, R., Eylon, BS, y Silberstein, J. (1986) ¿Es un átomo de cobre maleable? Revista de educación química, 63 (1), 64.

Benarroch, A. y Marín, N. (1997) Dependencia de las explicaciones de los alumnos de esquemas de conocimiento específicos y generales. Enseñanza de las Ciencias. Número extra-171-172. V Congreso Internacional de Investigación en Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas. Murcia. España

Bericat, E. (1998) La integración de los métodos cuantitativo y cualitativo en la investigación social. Significado y medida, Barcelona: Editorial Ariel.

Sánchez, Y. (2009) Análisis de los posibles cambios de los conocimientos en acción de estudiantes de octavo y noveno grado, en relación al concepto de reacción química.

Bloom, B. S. (1979) La taxonomía de los objetivos. Ámbito cognitivo.

Bonilla, J. (2000) El naturalismo científico de Ronald Giere y Philip Kitcher: Un ensayo de comparación crítica.

Brousseau, G. (1983) Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 4(2), 165-198.

Caamaño, A. (2001) La enseñanza de la Química en el inicio del nuevo siglo: Una perspectiva desde España. *Educación Química*. 12 (1), 7-17

Camilloni, A. (1994) Epistemología de la didáctica de las ciencias sociales. *Didáctica de las Ciencias Sociales*, 1-17.

Castillo, A., & Marina, R., & González, M. (2013) El aprendizaje significativo de la química: condiciones para lograrlo. *Omnia*, 19 (2), 11-24.

Chamizo, J.A. (2006) Los modelos de la Química. *Educación Química*, 17 (4), 476-482

Chamizo, J. A. (2007) La esencia de la química. Universidad Autónoma de México.

Chamizo, J. A. (2010) Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 7(1).

Chamizo, J. A. (2013) A new definition of models and modeling in chemistry's teaching. *Science & Education*, 22(7), 1613-1632.

Chang R. (2010) Química General. 10ma Edición, Mc Graw-Hill

Chevallard, Y. (1989) La transposition didactique. Vol. 95. Grenoble: La pensée sauvage.

Chevallard, Y. (1991) La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado, Vol. 3.

Crespo, M. (1996) Ideas y dificultades en el aprendizaje de la química. Revista Alambique.

Pág, 1-4.

Collazos, C., Guerrero, L., & Vergara, A. (2001) Aprendizaje Colaborativo: un cambio en el rol del profesor. 3rd Workshop en Educación en Computación, Punta Arenas, Chile.

Cubillos, A. G., Poveda, G. F. M., & Villaveces, C. J. L. (1989) Hacia Una Historia Epistemológica de la Química.

Crombie, J., Peirce, C., Bachelard G. y Freire P. (2012) Reflexiones sobre los conceptos de Obstáculo epistemológico y de Conocimiento dialectizado. V Jornadas "Peirce en Argentina"

Cuellar Fernández, L; Quintanilla Gatica, M.; Marzàbal Blancafort, A. (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* (Bauru), vol. 16, núm. 2, pp. 277-291

Currea, D. A. B. (2010) El empleo de la historia de la Química como eje fundamental para su enseñanza en Educación Básica. PPDQ Boletín, (46).

Daza, E. E., & Bernal, A. (2010) On the Epistemological and Ontological Status of Chemical Relations. HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry, Vol. 16, No. 2, 80-103.

De Posada, J. M. (1999) Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje. Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas, 17(2), 227-245.

De Posada, J. M. (1993) Concepciones de los alumnos de 15-18 años sobre la estructura interna de la material en el estado sólido. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 11(1), 12-19.

Develaki, M. (2007) The model-based view of scientific theories and the structuring of school science programmes. Science & Education, 16(7-8), 725-749.

Díez, J. A., & Lorenzano, P. (2002) La concepción estructuralista en el contexto de la filosofía de la ciencia del siglo XX. Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes/Universidad Autónoma de Zacatecas/Universidad Rovira i Virgili, 13-78.

Duncan, R. G., & Hmelo-Silver, C. E. (2009) Learning progressions: Aligning curriculum, instruction, and assessment. Journal of Research in Science Teaching, 46(6), 606-609.

Echeverría, J. (1995) *Filosofía de la ciencia*. Vol. 7. Ediciones Akal. Editorial Marfil, Alcoy, 2000.  
*Didáctica de las ciencias experimentales*.

Eder, M. L., & Bravo, A. A. (2001) *Aproximación epistemológica a las relaciones entre la didáctica de las ciencias naturales y la didáctica general*. TED: Tecné, Episteme y Didaxis, (9).

Eisner, E. W. (2000) Benjamin Bloom 1913-1999. *Perspectivas: revista trimestral de educación comparada*, (3), 423-432.

Elliot, J. (1990) *La investigación-acción en educación*. Madrid: Morata.

Erduran, S., & Duschl, R. A. (2004) *Interdisciplinary characterizations of models and the nature of chemical knowledge in the classroom*.

Espinoza Salfate, L. B., Farre, J. B., Perez, G. M., Ayarza, R., Fernández, A. A., Campos, J., & González, C. D. R. (2005) *La matemática en la educación básica: estudio de factores inherentes al sistema educativo que inciden en el logro de aprendizajes de calidad*.

Furió, C. J. (1996) *Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias*. *Alambique*, 7, 17.

Furió, C., & Furió, C. (2000). *Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos*. *Educación química*, 11(3), 300-308.

García, J.E. (1999) La Construcción del Conocimiento Escolar y el Uso de las Ideas de los Alumnos. En M. Kauffman y L. Fumagalli. Enseñar Ciencias Naturales. Argentina. Paidós. 175-210

García Barros, S. y Martínez Losada, M. (s/f) La Didáctica de las Ciencias: Tendencias Actuales. 381-393. Ed. Universidad de La Coruña. España

García Díaz, E. (1998) Hacia una teoría alternativa de los contenidos escolares. Sevilla: Díada

Giere, R. N., (1999) Using models to represent reality. En: Magnani, L., Nersessian, N. J. y Thagard, P. (eds.), Model-based reasoning in scientific discovery, pp. 41-57. Nueva York: Kluwer Academic Publishers/Plenum Press.

Giere, R. (2004) How Models Are Used to Represent Reality. Philosophy of Science, 71 (December 2004), 742–752. 0031-8248/2004/7105-0008

Gil, D., Carrascosa, J. y Martínez Terrades, F. (2000) Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. Didáctica de las Ciencias Experimentales, 11-34. Alcoy: Marfil.

Gil-Pérez, D. (1991) ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? Enseñanza de las Ciencias, 9 [1], 69-77

Gilbert, J. (ed.) (2003) Chemical Education: Towards Re- DE ANIVERSARIO Enero de 2004, 65 search-Based Practice. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands

Giordan, A. (1981) Observaciones-experimentación: ¿Pero cómo aprenden los alumnos? *Infancia y Aprendizaje*, 4(13), 21-34.

Gómez Crespo, M. (1996) Ideas y dificultades en el aprendizaje de la química. *Revista Alambique* 7.

González, E. C. (s.f.) Propuesta de enseñanza de preconceptos sobre las funciones químicas inorgánicas para estudiantes de octavo grado en la institución educativa Santa Juana de Lestonnac.

Greca, I. M., & dos Santos, F. M. (2005) Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: o caso da física e da química (Difficulties in generalizing modelling strategies in science: the case of physics and chemistry). *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(1), 31-46.

Guevara, M., & Valdez, R. (2004) Los modelos en la enseñanza de la Química: algunas de las dificultades asociadas a su enseñanza y a su aprendizaje. *Educación Química*, 15(3), 243- 247.

Guidoni, P. (1985) On Natural Thinking. *International Journal of Science Education*, 7 (2), pp.133-140

Hacking, I. (1983) Representing and intervening. Vol. 279. Cambridge: Cambridge University Press.

Hemilse Acevedo, M. (2011) La integración de metodologías: algunas posturas acerca de sus posibilidades y dificultades, en Contribuciones a las Ciencias Sociales, [www.eumed.net/rev/cccss/12/](http://www.eumed.net/rev/cccss/12/)

Hodson, D. (1985) Philosophy of science, science and science education.

Izquierdo-Aymerich, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999) Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. Enseñanza de las Ciencias, 17(1), pp. 45-59.

Izquierdo-Aymerich, M. y Adúriz-Bravo, A. (1999) Fundamentos Epistemológicos de la Enseñanza de las Ciencias.

Izquierdo-Aymerich, M. y Caamaño, A. (1999) Conceptualizar y Modelizar. Departament de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències Experimentals. Universidad Autónoma de Barcelona.

Izquierdo-Aymerich, M. (2000) Fundamentos Epistemológicos, Didáctica de las Ciencias Experimentales, 35-64. Alcoy: Marfil.

Izquierdo-Aymerich, M., Bonil, J., Pujol Villalonga, R.M. y Espinet, M. (2004) Ciencia escolar y complejidad. Revista Investigación en la Escuela, 53, 21-29.

Izquierdo-Aymerich, M. y Adúriz-Bravo, A (2005) Los modelos teóricos para la ciencia escolar. Un ejemplo de química. Enseñanza de las Ciencias, Número Extra, VII Congreso Internacional Sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias.

Izquierdo-Aymerich, M. (2005) Hacia una teoría de los contenidos escolares. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 23(1), 111-122.

Izquierdo-Aymerich, M.; Sanmartí, N. y Estaña J.L. (2007) Actividad química escolar: Modelización metacognitiva del cambio químico. Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar. 141-163.

Jensen, W. (1998) Logic, History and the Chemistry Textbook. Part I, Does Chemistry Have a Logical Structure? J. Chem. Educ., 75 (6), 679-687.

Justi, R., & Gilbert, J. (2002) Models and modelling in chemical education. In Chemical education: Towards research-based practice, pp. 47-68. Springer, Dordrecht.

Klimovsky, G. (1994) Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la Epistemología.

Kragh, H. (1989) Introducción a la historia de la ciencia. Barcelona: Crítica

Labarca, M. (2005) La Filosofía de la Química en la filosofía de la ciencia contemporánea. Redes, Mayo. Vol.11, número 21. Universidad Virtual de Quilmes.

Labarrere, A., & Quintanilla, M. (2002) La solución de problemas científicos en el aula. Reflexiones desde los planos de análisis y desarrollo. *Pensamiento educativo*, 30(1), 121- 137.

Llorens, J. (1994) Comenzando a aprender Química. Ideas para el diseño curricular, Ed. Visor, Madrid.

Llorens, J. (1994) Introducción a los conceptos básicos de Química, en Aspectos didácticos de Física y Química (Química 5), ICE de la Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 1994.

Lombardi, O y Labarca, M. (2005b) "The Philosophy and Chemistry as a new resource for chemistry education" presentado en *Journal of Chemical Education*. 84(1), 187.

Lombardi, O. & Labarca, M. (2007) The philosophy of chemistry as a new resource for chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 84(1), 187.

Labarca, M., & Lombardi, O. (2010) Acerca del status ontológico de las entidades químicas: el caso de los orbitales atómicos. *Principia*, 14(3), 309.

Lombardi, O. (2013) ¿Acerca de qué nos habla la química? Nuevos argumentos en favor de la autonomía ontológica del mundo químico. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 13(26), 105-144.

Lombardi, O., & Ransanz, A. R. P. (2011) Lenguaje, ontología y relaciones interteóricas: en favor de un genuino pluralismo ontológico. *Arbor*, 187(747), 43-52.

López Lage, R. e Izquierdo-Aymerich, M. (2004) Elemento, Átomo y sustancia simple. Una reflexión a partir de la enseñanza de la Tabla Periódica en los cursos generales de Química. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Didáctica de la Matemática y las Ciencias Experimentales.

López Rupérez, F. (1990) Epistemología y didáctica de las ciencias. Un análisis de segundo orden. Enseñanza de las Ciencias, 8(1), 065-74.

Lorenzano, P. (2003) ¿Debe ser excluida la concepción estructuralista de las teorías de la familia semanticista?: Una crítica a la posición de Frederick Suppe. Epistemología e Historia de la Ciencia, 9(9), 282-290.

Luisi, PL (2002) Aparición en la química: la química como la encarnación de la emergencia. Fundamentos de la Química, 4(3), 183-200.

Marín, N. y Benarroch, A. (1998) Modos de describir el conocimiento del alumno. XVIII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Matus, L. (2009) Tesis Doctoral: Progresiones de Aprendizajes en el área del enlace químico. Análisis de coherencia entre capacidades de los estudiantes y representaciones usadas en los Libros de Texto. Universidad de Granada, Facultad de Ciencias de la Educación. Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (1998) The role and character of the nature of science in science education. In *The nature of science in science education*, pp. 3-39. Springer, Dordrecht.

Mellado Jiménez, V. (2003) Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 343-358.

Merino Rubilar, C., & Izquierdo-Aymerich, M. (2011) Aportes a la modelización según el cambio químico. *Educación química*, 22(3), 212-223.

Moraga Toledo, S. (2013) "Modelización del Cambio Químico en el ámbito del Ser vivo", Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de Didáctica de las matemáticas y las ciencias experimentales.

Mosquera C., Leidy G., Ariza A. y otros (2010) Una propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos estructurantes de discontinuidad de la materia y unión química desde la epistemología y la historia de la ciencia contemporáneas.

Mosterín, J. (1982) El mundo se nos escurre entre las mallas de nuestras teorías. Teorema: *Revista Internacional de Filosofía*, 12(1/2), 181-194.

Moulines, C. U. (1982) Exploraciones Metacientíficas Estructura, Desarrollo y Contenido de la Ciencia.

Moulines, U. (2011) El desarrollo moderno de la Filosofía de la Ciencia (1890-2000). Traducción: Xavier de Donato. - México: UNAM, Instituto de Investigaciones Filosóficas.

Muñoz, L., & Nardi, R. (2015) Las representaciones científicas en la Formación Inicial de Profesores de Química. Universidad Distrital (Bogotá-Colombia); Universidad Estadual Paulista UNESP

Muro, C., Camarena, P., & Flores, R. (2007) Scope of Vergnaud's theory in the representation of a complex engineering problem/Alcances de la teoría de Vergnaud en la representación de un problema complejo de ingeniería. Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, 10(3), 401-420.

Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R., & Merino, C. (2014) Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. Educación química, 25(1), 46-55.

Pairó, N. S., i Aymerich, M. I., & Gutiérrez, R. (2000) El uso de razonamientos causales en relación con la significatividad de los modelos teóricos. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 18(1), 15-23.

Pairó e Izquierdo-Aymerich, N. (2002) La importancia de los ejemplos en la química escolar. En F.L. Rodriguez. Las ciencias en las escuelas. Teorías y Prácticas. Barcelona: Graópp 113- 134.

Perales Palacios, F. J. (2001) Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de física y química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 003-19.

Pérez Ransanz, A. (1999) *Kuhn y el Cambio Científico*. México: Fondo de Cultura.

Pérez Serrano, G., (1998) "Capítulo 2: El problema de la fiabilidad y la validez". En *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes II. Técnicas y Análisis de datos*, Madrid, La Muralla.

Porlán Ariza, R., Rivero García, A., & Martín del Pozo, R. (1997) Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 155-171.

Pozo, J. (1987) *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. (Visor: Madrid).

Pozo J. y Gómez Crespo, M. (1998) *Aprender y enseñar Ciencias*. Madrid: Morata

Pozo, J. (2007, en prensa) *Ni cambio ni conceptual: la reconstrucción del conocimiento científico como un cambio representacional*. Antonio Machado Libros, Madrid: OREALC-UNESCO/Universidad de Alcalá. Reggio.

Raigada, J. L. P. (2002) Epistemología, metodología y técnicas del análisis de contenido. *Sociolinguistic Studies*, 3(1), 1-42.

Reggio, J. (s/f) Integración metodológica para una investigación.  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Integraci%C3%B3n\\_metodol%C3%B3gica\\_para\\_una\\_investigaci%C3%B3n\\_por\\_Javier\\_Reggio.pdf](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Integraci%C3%B3n_metodol%C3%B3gica_para_una_investigaci%C3%B3n_por_Javier_Reggio.pdf).

Roncancio, V., & Del Pilar, R. (s.f.) La transposición didáctica de conceptos de química y su relación con la enseñanza de las ciencias de la salud en el diseño del aula virtual “quisas” (química y salud, sinergias) (Disertación doctoral, Universidad Nacional de Colombia).

Roth, W., Pozzer-Ardenghi, L., & Han, J. (2005) Critical graphicacy: Understanding visual representation practices in school science. Dordrecht: Springer.

Roth, K., Druker, S., Garnier, H., Lemmens, M., Chen, C., Kawanaka, T & Stigler, J. (2006) Teaching Science in Five Countries: Results from the TIMSS 1999 Video Study. Statistical Analysis Report. NCES 2006-011. National Center for Education Statistics.

Sánchez, R. (2009) La importancia de la historia y la epistemología de las ciencias para la organización lógica del discurso químico. TED: Tecné, Episteme y Didaxis.

Sanmartí, N. (1990) Estudio sobre las dificultades de los estudiantes en la comprensión de la diferenciación entre los conceptos de mezcla y de compuesto. Tesis Doctoral. Lleida. Facultat de Ciències Químiques de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Scerri, E. y McIntyre, L. (1997) The case for the philosophy of chemistry. *Synthese* 111: 213–232.

Schummer, J. (1997) Towards a Philosophy of Chemistry. A short extract of this paper was first read at the 10th International Congress of Logic, Methodology and Philosophy of Science, Florence, August 19–25, 1995. *Journal for General Philosophy of Science*, 28(2), 307.

Serrano, J. y Pons, R. (2011) El constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 13(1). Consultado el día de mes de año en: <http://redie.uabc.mx/vol13no1/contenido-serranopons.html>

Solbes, J. y Vilches, A. (1991) Análisis de la introducción de la teoría de enlaces y bandas. 9(1); 53-58

Solbes, J. y otros. (1987) La introducción a la física moderna: un ejemplo paradigmático de cambio conceptual. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 209-210.

Sureda, P. y Otero, M. (2013) Estudio sobre el proceso de conceptualización de la función exponencial. *Educación Matemática*. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40528961005> ISSN 1665-5826

Sureda, P. y Otero, M. (s/f) Nociones fundamentales de la Teoría de los Campos Conceptuales. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/img/revistas/reiec/v6n1/html/v6n1a11.htm>

Taber, K. & Garcia-Franco, A. (2010) Learning processes in chemistry: Drawing upon cognitive resources to learn about the particulate structure of matter. *The Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 99-142.

Talanquer, V. (2006) Commonsense chemistry: A model for understanding students' alternative conceptions. *Journal of Chemical Education*, 83(5), 811.

Talanquer, V. (2009) On cognitive constraints and learning progressions: The case of "structure of matter". *International Journal of Science Education*, 31(15), 2123-2136.

Talanquer, V. & Pollard, J. (2010) Let's teach how we think instead of what we know. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(2), 74-83.

Talanquer, V. (2014) Chemistry education: Ten heuristic stotame. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1091-1097.

Tarascon, J. M., Greene, L. H., Barboux, P., McKinnon, W. R., Hull, A. G., Orlando, T. P., ... & McNiff Jr, E. J. (1987). 3 d-metal doping of the high-temperature superconducting perovskites La-Sr-Cu-O and Y-Ba-Cu-O. *Physical Review B*, 36(16), 8393.

Trejo Trejo, E., & Camarena Gallardo, P. (2011) Vinculación: matemáticas, ciencias y aprendizaje. (CO). In XIII CONFERÊNCIA INTERAMERICANA DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA. Usuga Ortiz, T. D. N. J. Propuesta para la enseñanza y el aprendizaje del concepto reacción química, en la educación básica secundaria de la Institución Educativa San José de Venecia.

Uria, M., Lecumberry, G., & Orlando, S. (2012) Las concepciones de los actuales alumnos sobre estructura de la materia. In III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales 26, 27 y 28 de septiembre de 2012 La Plata, Argentina. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Ciencias Exactas y Naturales.

Urrego Manco, J. F., & Zapata Hincapié, L. M. (2014) Recontextualización de la estructura atómica mediante un análisis histórico y epistemológico de la perspectiva de Frederick Soddy.

Van Brakel, J. (2000) La naturaleza de las sustancias químicas. De mentes y moléculas: Nuevas perspectivas filosóficas sobre química, 162-84.

Vasilachis de Gialdino, I. (1992) Métodos cualitativos I. Los problemas teórico-epistemológicos, Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.

Vergnaud, G. (2010) Comunicación personal Maria Rita Otero en el seminario « Sujet capable et pouvoir d'agir » Prof. Pierre Rabardel. Université Paris 8, 5 du janvier. Le tableau serait publié par Vergnaud dans le livre Principes de psychologie pour l'étude des compétences complexes.

Vergnaud, G. (2008) Comunicación personal a la Dra. Rita Otero. Functions, concepts and schemes. A reply to Rita Otero. February 29.

Vergnaud, G. (2007a) Forma operatoria y forma predicativa del conocimiento. Actas Primer Encuentro Nacional sobre Enseñanza de la Matemática. ISBN 978-950-658-183-1. Tandil.

Vergnaud, G. (2007b) ¿En qué sentido la Teoría de los Campos Conceptuales puede ayudarnos para facilitar Aprendizaje Significativo? (In what sense the conceptual fields theory might help us to facilitate meaningful learning?). *Investigações em Ensino de Ciências*. V12(2), pp.285-302.

Vergnaud, G. (2005) en *Sur la théorie des situations didactiques. Hommage a Guy Brousseau*. La Pensée Sauvage, à dition.

Vergnaud, G. (2000) Apprentissage et didactique en formation professionnelle. In J.C. Ruano-Borbalan et M. Fournier (Eds) *Savoirs et compétences*. Les Editions Demos.

Vergnaud, G. (1996) Algunas ideas fundamentales de Piaget en torno a la didáctica. En *Revista Perspectivas*, Vol. XXVI, N° 1.

Vergnaud, G. (1994) (Coord.) *Aprendizajes y didácticas: ¿Qué hay de nuevo?* Editorial, Buenos Aires.

Vergnaud, G. (1990) CNRS y Université René Descartes. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Vol. 10, N° 2, 3, pp. 133-170

Villagrá, J., Lacolla, L., & Valeiras, N. (2014) Reacciones químicas y representaciones sociales de los estudiantes. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(3), 89-109.

Villaveces Cardoso, J. (2000) Química y Epistemología, una relación esquivada. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*. Año/Vol.1 Número 2-3. Universidad del Bosque. Bogotá Colombia.

Warren, J. W. (1976) The mystery of mass-energy. *Physics Education*, 11(1), 52.

Yager, R. E. & Penick, J. E., (1983) The search for excellence in science education. *Phi Delta Kappan*, 64(9), 621-23.

Zemansky, M. W., Young, H. D., & Freedman, R. A. (1999) *Física Universitaria (Tomo I)*.

## ANEXO 1

### Cuadros de reducción de datos correspondiente al desarrollar del Marco Metodológico

Situación	A1
Consigna	Analiza la siguiente definición encontrada en la página: <a href="https://es.slideshare.net/KarlaAnyLisbethJohan/propiedades-de-los-tomos">https://es.slideshare.net/KarlaAnyLisbethJohan/propiedades-de-los-tomos</a> :
Preguntas	a) ¿Estás de acuerdo con esta afirmación?, ¿por qué? b) ¿En caso de ser así, podrías dar un ejemplo de una propiedad correspondiente a un átomo que caracterice también a un elemento químico?
Nº Alumno	Respuesta Original
1	a) Sí; porque el tamaño del átomo va a depender: Número atómico; b) número de masa atómica
2	a) Si estoy de acuerdo, porque según mis conocimientos adquiridos concuerda con lo aprendido en clases. b) El número atómico
3	a) Estoy de acuerdo ya que toda la materia está constituida por infinitésimas cantidades de átomos. b) Un ejemplo muy simple es un átomo de agua líquida, que para mantenerse unida se necesita de afinidad electrónica (propiedad de los elementos químicos), una unión puente hidrógeno y a su vez las moléculas se atraen entre ellas.
4	a) Estoy de acuerdo con la afirmación, los compuestos químicos están formados por átomos b) Por lo que se puede tomar como propiedad el número atómico que es la cantidad de protones en un átomo y para cada elemento químico este es diferente.
5	a) No, no estoy de acuerdo con esta definición ya que los átomos no son la unidad más pequeña de la materia: existen neutrones, protones y electrones, que conforman a los átomos. b) No responde
6	a) Si estoy de acuerdo con esa afirmación, ya que un átomo de cualquier material es la cantidad menor de un elemento químico que tiene existencia propia y que posee las características del material. No poder ser dividido mediante procesos químicos. b) Las propiedades intensivas (color, densidad, calor específico, punto de fusión y ebullición, etc.) son ejemplo de propiedades que caracterice tanto al átomo como al elemento químico. Por ejemplo, un átomo de hierro y un trozo de hierro van a tener las mismas propiedades químicas.
7	a) Estoy de acuerdo, de igual forma agregaría que un átomo además de ser partícula cuenta con subpartículas, como lo son los electrones (carga negativa y está fuera del núcleo), protones y neutrones (carga positiva y neutra, respectivamente, ambos se encuentran dentro del núcleo). b) Consideraría como una propiedad correspondiente a un átomo que caracterice también a un elemento químico al espectro de emisión del mismo, ya que es único en cada elemento; o a la configuración electrónica de este, ya que, si sabemos la misma, es posible determinar el elemento en cuestión, por lo tanto, al átomo incógnito.
8	a) Estoy parcialmente de acuerdo con la definición ya que la misma se realiza dándole un sentido al átomo de tamaño, que no está mal, pero en sí no lo define. b) Una propiedad que defina a un átomo y a un elemento podría ser el radio iónico.
9	a) Estoy de acuerdo con la afirmación porque un elemento químico es la sustancia formada por átomos. b) Una propiedad de un átomo que también caracteriza un elemento químico es, por ejemplo, número atómico.
10	a) Estoy de acuerdo con esta afirmación, teniendo en cuenta si queremos tener un conocimiento básico de lo que es un átomo. El único detalle que observo en la definición es que está un poco "rebuscada" para un público amplio y no todos comprenderían esta definición sin saber a qué se refiere con los términos: materia, ionizados, plasma, entre otras. Estoy de acuerdo con la definición porque: en aquel resumido texto, se da una clara definición de lo que es un átomo y se pueden obtener los conocimientos primordiales sobre el mismo. b) Sí, una propiedad que caracteriza a un átomo y también a un elemento químico, es el número atómico (entre otras). Él hace referencia, como podemos leer (en la definición) al número de protones que posee un átomo de dicho elemento. Los protones, son parte de la estructura del átomo, principalmente, el núcleo.

**Cuadro 1:** Respuestas para la Situación A1, para el intervalo de estudiantes 1 al 10

<b>Situación</b>	A1
<b>Consigna Preguntas</b>	Analiza la siguiente definición encontrada en la página: <a href="https://es.slideshare.net/KarlaAnyLisbethJohan/propiedades-de-los-tomos">https://es.slideshare.net/KarlaAnyLisbethJohan/propiedades-de-los-tomos</a> : a) ¿Estás de acuerdo con esta afirmación?, ¿por qué?
<b>N° Alumno</b>	b) ¿En caso de ser así, podrías dar un ejemplo de una propiedad correspondiente a un átomo que caracterice también a un elemento químico? Respuesta Original
13	a) Estoy de acuerdo porque, el átomo es la cantidad menor de un elemento químico que presenta las propiedades de este, al estar formado por un núcleo de protones y neutrones, y electrones en orbitales, estas partículas subatómicas juntas son las que les dan las mencionadas propiedades. b) El número másico y atómico son algunas de las propiedades del átomo que caracterizan a cada elemento químico.
14	a) No estoy de acuerdo en la primer parte de la afirmación, porque no considero que las propiedades de un elemento químico (sustancia formada por átomos de igual clase) sean las mismas que las de un átomo individual. Además, el átomo está formado por subpartículas o partículas aún más pequeñas. b) No responde
15	a) Estoy de acuerdo con esta afirmación ya que la materia está constituida por partículas muy pequeñas que pueden transformarse en iones o simplemente encontrarse neutros. b) Ejemplo de propiedad: isótopo: Un elemento puede tener la misma cantidad de protones en el núcleo, pero puede variar su masa convirtiéndose en un isótopo de ese elemento.
16	a) El átomo es la unidad mínima de materia que conserva las propiedades de la misma, mientras que un elemento químico es una sustancia formada por átomos del mismo tipo. b) Estoy de acuerdo con la afirmación y una característica correspondiente a un átomo que caracterice a un elemento químico es el número de protones que tienen en el núcleo. Dicho número se representa con la letra Z y recibe el nombre de número atómico.
17	a) Si porque según la teoría de Dalton esto es correcto. Quizás con palabras más simples. "Los elementos están formados por partículas extremadamente pequeñas llamados átomos. Todos los átomos de un mismo elemento son idénticos, tienen igual tamaño, masa y propiedades químicas. Los átomos de un elemento son diferentes a los átomos de todos los demás elementos" b) No responde
18	a) Sí, porque la unidad más pequeña de materia constituida por electrones, neutrones y protones. Su tamaño varía dependiendo cada elemento (conf. electrónica). b) Las propiedades de los átomos son número atómico, número másico, etc. Las de los elementos químicos son químicas punto de ebullición, fusión, etc.
19	a) Si estoy de acuerdo. b) Una propiedad podría ser la electronegatividad
20	a) No estoy de acuerdo con esta definición porque: *Los elementos químicos están formados por átomos,* No todas las propiedades de los elementos químicos son válidas para los átomos. b) No responde

**Cuadro 2:** Respuestas para la Situación A1, para el intervalo de estudiantes 11 al 20

Situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles	
<b>Situación</b>	A1.2
<b>Consigna</b>	Observa la siguiente imagen, encontrada en internet, tras realizar una búsqueda basada en la frase: "Propiedades de los elementos Químicos":
<b>Preguntas</b>	<p>a) ¿Las propiedades mencionadas podrían clasificarse como propiedades de elementos?</p> <p>b) Si según la siguiente imagen, las propiedades de los átomos podrían identificarse como: Entonces, ¿por qué crees que también se presentan como propiedades de elementos?</p> <p>c) ¿Puedes reconocer alguna propiedad que cualifique a un elemento, pero no necesariamente a un átomo?, ¿por qué crees que es así?</p>
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
1	<p>a) No considero que se puedan clasificar como propiedades, sino que para mí son características. Las propiedades serían número atómico, masa atómica, ionización y electronegatividad</p> <p>b) No responde</p> <p>c) Masa atómica: Peso relativo de los átomos de los distintos elementos.</p>
2	<p>a) Si pueden clasificarse como propiedades de elementos.</p> <p>b) Podrían identificarse como propiedades químicas, porque los elementos son diferentes átomos con distintas propiedades químicas</p> <p>c) Isotopos, porque los isotopos tienen igual número atómico pero distinto número másico ej.: deuterio</p>
3	<p>a) La respuesta es SI, ya que cada elemento en particular tiene una variación con respecto a los otros elementos de la tabla. Estas variaciones se notan en las propiedades mencionadas en la imagen y es así como cada uno es único y particular. Las propiedades son: Número atómico, masa atómica, electronegatividad, densidad, punto de fusión y de ebullición, radio iónico, isotopos, primera y segunda energía de ionización.</p> <p>b) Pensándolo de forma sencilla, todos los átomos están catalogados bajo estas propiedades. Es como si nosotros nos identificáramos por nuestro nombre, color de pelo, color de ojos, altura, peso, talla de calzado, etc. Siempre van a ser características que no se van a poder evitar interpretar.</p> <p>c) Por ejemplo: Una propiedad es "Primera energía de ionización", esta propiedad cualifica a un elemento, pero indudablemente si esta energía es alta o baja, me está dando información del átomo (si la energía de ionización es alta significa que el átomo pequeño y la fuerza del núcleo sobre sus electrones es mayor, y viceversa).</p>
4	<p>a) Estas propiedades podrían usarse para los elementos químicos, ya que si observamos estas propiedades veremos que para cada elemento estas van cambiando, incluso algunas de ellas son propiedades periódicas.</p> <p>b) Creo que se puede presentar como propiedades de los elementos ya que están constituidos por átomos iguales, por lo que no encontraría una propiedad individual</p> <p>c) No responde</p>
5	<p>a) Sí, estas propiedades podrían clasificarse como propiedades de elementos ya que cada elemento químico posee características únicas que lo distinguen de los demás.</p> <p>b) Propiedades periódicas. Se presentan como propiedades de elementos porque éstos están formados por átomos, lo que indica que tanto las propiedades de los átomos son también propiedades de los elementos.</p> <p>c) Sin embargo, existen propiedades que no definen sólo al comportamiento de un átomo, si no que hacen referencia al comportamiento de un elemento, es decir, un conjunto de átomos. Por ejemplo, el punto de fusión y ebullición se analiza en una masa de tamaño considerable, no del tamaño de un átomo. Creo que es así debido a que es más fácil observar cambios y sacar conclusiones de algo que podemos observar a simple vista que de algo que no podemos observar, como lo son los átomos.</p>
6	<p>a) Las propiedades pueden ser mencionadas como propiedades químicas ya que cada propiedad ayuda a describir el comportamiento y características de un elemento químico. Ellos indican las similitudes y diferencias que tienen los elementos de la tabla</p> <p>b) Los elementos químicos de la tabla están ordenados según su número atómico (número de protones), entonces todos los átomos que tienen un mismo número de protones son del mismo elemento químico.</p> <p>c) Por ejemplo si un átomo tiene 4 protones en su núcleo sabemos que es un átomo de berilio, en cambio si tiene 12 sabemos que es un átomo de magnesio.</p>

**Cuadro 3:** Respuestas para la Situación A1.2, para el intervalo de estudiantes 1 al 6

<b>Situación</b>	A1.2
<b>Consigna</b>	Observa la siguiente imagen, encontrada en internet, tras realizar una búsqueda basada en la frase: "Propiedades de los elementos Químicos":
<b>Preguntas</b>	<p>a) ¿Las propiedades mencionadas podrían clasificarse como propiedades de elementos?</p> <p>b) Si según la siguiente imagen, las propiedades de los átomos podrían identificarse como: Entonces, ¿por qué crees que también se presentan como propiedades de elementos?</p> <p>c) ¿Puedes reconocer alguna propiedad que cualifique a un elemento, pero no necesariamente a un átomo?, ¿por qué crees que es así?</p>
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
7	<p>a) Si, parecen ser propiedades intensivas de los elementos, no importará la cantidad del mismo, sino analizar lo que tengamos y sabremos de qué elemento hablamos.</p> <p>b) No responde</p> <p>c) El número atómico, ya que si me dan un <math>Z=12</math> rápidamente pensaría en el carbono, o en un <math>Z=14</math> pensaría en nitrógeno, pero tal vez estoy en presencia de un isótopo, y estoy dejando de lado que podría ser diamante o grafito.</p>
8	<p>a) Para responder esta pregunta primero se trataría de establecer las diferencias existentes entre átomo y elemento químico. Algunas de las propiedades descritas en la imagen si podrían clasificarse como propiedades del átomo como el número atómico, el número másico, la electronegatividad de Pauling, radio iónico, la energía de la primera ionización, pero por otro lado hay propiedades como el radio de Van Der Waals, que a mi parecer son propiedades relacionadas con elementos, cuestión que aún habiendo estudiado química no se indica por los docentes ninguna diferencia entre átomo y elemento químico porque me parece que no se logra es decir, no existe, momento en la escuela media ni en facultad que se hable de la diferencia entre ellos.</p> <p>b) Según la imagen las propiedades del átomo pueden identificarse como aquellas que son inherentes a la composición y al comportamiento del átomo como la energía de la primera ionización.</p> <p>c) No podría reconocer una propiedad que defina o cualifique a un elemento porque no logro percibir una clara diferencia entre ellos.</p>
9	<p>a) Si podrían clasificarse como propiedades de los elementos porque, por ejemplo, la energía de ionización, la electronegatividad caracteriza los comportamientos de esos elementos, son propiedades periódicas de los elementos químicos.</p> <p>b) Las propiedades de los átomos podrían identificarse como propiedades químicas de los elementos químicos. Porque si los átomos forman parte de los elementos químicos sus propiedades tendrían que ser las mismas.</p> <p>c) No, creo que todas coinciden porque como he dicho precisamente antes: los átomos forman al elemento. Comparten propiedades.</p>
10	<p>a) Las propiedades mencionadas pueden clasificarse como propiedades de elementos. Pero también como propiedades de átomos.</p> <p>b) De las propiedades de los elementos químicos indicadas, podemos identificar las de átomos también. Ya que las mismas se comparten porque los átomos forman al elemento. Yo creo que las propiedades de elementos coinciden entre si con las propiedades de átomos, debido a que los elementos están formados precisamente de átomos</p> <p>c) No, creo que todas coinciden porque como he dicho precisamente antes: los átomos forman al elemento. Comparten propiedades.</p>
11	<p>a) Las propiedades dadas son correspondientes a las propiedades de los elementos.</p> <p>b) Las propiedades de los átomos se identifican por ser partículas pequeñas que constituyen parte de la materia por eso presenta algunas propiedades como el tamaño del átomo, el potencia de ionización para que a un átomo le arranque un electro en la fase gaseosa ,la afinidad electrónica para la energía que se pierde o gana cuando un átomo acepta un electrón y la electronegatividad cuando un átomo tiene la capacidad de atraer electrones, se presentan como propiedad de los elementos por que las propiedades de los átomos tienen similitud con las propiedades de los elementos químicos ya que el átomo constituye la unidad de un elemento que puede intervenir en una combinación química.</p> <p>c) No responde</p>

**Cuadro 4:** Respuestas para la Situación A1.2, para el intervalo de estudiantes 7 al 11

Situación	A1.2
Consigna	Observa la siguiente imagen, encontrada en internet, tras realizar una búsqueda basada en la frase: "Propiedades de los elementos Químicos":
Preguntas	a) ¿Las propiedades mencionadas podrían clasificarse como propiedades de elementos? b) Si según la siguiente imagen, las propiedades de los átomos podrían identificarse como: Entonces, ¿por qué crees que también se presentan como propiedades de elementos? c) ¿Puedes reconocer alguna propiedad que cualifique a un elemento, pero no necesariamente a un átomo?, ¿por qué crees que es así?
N° Alumno	Respuesta Original
12	a) Las propiedades anteriormente mencionadas si son consideradas como propiedades de cada elemento. b) Número atómico, Masa atómica, masa molecular, numero de Avogadro, isótopos. Se presentan como propiedades de los elementos también debido que estas tienen total influencia sobre el comportamiento de estos. Por ejemplo, dependiendo de la cantidad de electrones, nos vamos a encontrar con elementos que tenderán a donar e-, y otros a captarlos para completar su octeto. c) No responde
13	a) Numero atómico, masa atómica, isótopos, corteza electrónica b) Se presentan como propiedades de los elementos, porque estas propiedades de cada átomo le dan sus respectivas características. c) Densidad es una de las características que cualifique a un elemento, pero no a un átomo, ya que la masa de un átomo es muy pequeña.
14	a) No todas. b) Propiedades periódicas o atómicas. Porque se confunde al elemento con el átomo que lo forma c) Punto de fusión. Porque se debe al conjunto de átomos, por lo que un átomo individual no puede tener esa propiedad.
15	a) Son propiedades de los átomos b) Porque depende de esas propiedades para ver cómo se comportan en la naturaleza, sus combinaciones ya que todo depende del comportamiento individual de cada uno c) No ya que un elemento está definido por las propiedades de sus átomos constituyentes
16	a) Son propiedades que nos permiten identificar a cada elemento. b) Según la imagen las propiedades de los átomos son consideradas las propiedades químicas de los elementos c) Los elementos están compuestos por un tipo de átomos. Este tipo de átomos tiene propiedades que hacen de ese elemento único. Pero hay características que posee el elemento que no son visibles en el átomo constituyente, como lo es por ejemplo, el color. Por ejemplo: el azufre es un elemento químico (compuesto por átomo de azufre) de número atómico 16 y símbolo S. Es un no metal abundante con un color amarillo característico.
17	a) Son propiedad del átomo b) Radio atómico, energía de ionización, afinidad electrónica, electronegatividad, carga nuclear efectiva, densidad de carga, porqué los elementos están compuestos por átomos. c) No reconozco a ninguna, creo que es así ya que cada elemento se diferencia de otro por sus átomos
18	a) Si cada elemento presentas esas propiedades mencionadas. b) Las propiedades de los átomos se definen dependiendo la cantidad de protones, neutrones, electrones. Por ello cada átomo es diferente de otro elemento. c) Todos los elementos están formados por átomos que poseen las mismas propiedades (número atómico, másico, etc.). Cuando vemos el número másico de Sodio - 22,9 -por ejemplo, estamos hablando de 1 mol de Na pesa 23 gramos aproximadamente que equivale a $6,022 \times 10^{23}$ átomos de sodio.
19	a) Considero que el número atómico de un átomo no es una propiedad sino más bien su identidad, es decir si cambiara su número atómico ya no sería el mismo elemento. b) No responde c) No, ya que por ejemplo la masa de un mol del elemento calcio por ejemplo es la masa de un mol de átomos de ese elemento.
20	a) Sí podrían clasificarse como propiedades de los elementos. b) Porque los elementos están formados por átomos c) La masa molecular es una propiedad de los elementos, pero no de los átomos, ya que, es la suma de las masas de los átomos que componen un elemento.

**Cuadro 5:** Respuestas para la Situación A1.2, para el intervalo de estudiantes 12 al 20

	Situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles
<b>Situación</b>	A.1.3
<b>Consigna</b>	Analiza las siguientes definiciones de elemento químico: <a href="https://www.definicionabc.com/ciencia/elemento-quimico.php">https://www.definicionabc.com/ciencia/elemento-quimico.php</a> <a href="http://www.areaciencias.com/quimica/sustancias-puras.html">http://www.areaciencias.com/quimica/sustancias-puras.html</a>
<b>Preguntas</b>	a) ¿Puedes identificar diferencias y similitudes entre ambas definiciones? b) ¿Ambas definiciones son correctas?, si no es así, ¿cuál lo es, por qué?
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
1	a) Son definiciones complicadas. b) Si son correctas ambas
2	a) Un elemento químico no se puede descomponer en otra sustancia más simple. Una sustancia es materia que tiene una composición específica. Similitud: definición 1: los elementos no se pueden descomponer en sustancias simples. Diferencia: definición 1: características físicas únicas. definición 2; composición específica y propiedades específicas b) No responde
3	a) Número atómico es la cantidad de protones, masa atómica es la suma de estos más neutrones. Isótopos mantienen la cantidad protones, pero difieren en la masa, por lo tanto, en los neutrones también. Masa atómica es el peso específico de cada átomo y si se encuentran en una molécula, al sumar todos los pesos obtenemos la masa molecular. Numero de Avogadro es una constante que define la cantidad de átomos que hay en un MOL de cualquier sustancia. b) Definiciones bastantes complejas, en el sentido de nombres similares, pero con significados completamente distintos. En la definición 1 se puede distinguir una corrección, ya que hay elementos químicos que producen sus propias reacciones químicas para descomponerse en otras sustancias, pero si estamos hablando de sustancias simples (mencionado en la misma definición), podemos decir que no pueden descomponerse como por ejemplo el oro, el mercurio, diamante, oxígeno, bromo, cloro. La definición 2 es correcta ya que cada elemento es una sustancia pura y si tengo un compuesto con dos o más elementos distintos también me pueden formar una sustancia pura (en el caso de gases que se unen y no pueden separarse físicamente)
4	a) Ambas definiciones hablan de que están formadas por átomos iguales, pero creo que la correcta es la primera ya que dice que "Un elemento químico no se puede descomponer en otra sustancia más simple"; mientras la otra no lo dice además habla de que "cada elemento químico es una sustancia pura" donde faltaría agregar "Los elementos también pueden llamarse sustancias puras simples" b) Creo que la primera afirmación es más acertada.
5	a) Similitudes: ambas definiciones otorgan a los elementos propiedades específicas Diferencias: la primera definición no considera a un elemento como sustancia pura, la segunda si. b) No, yo considero que la segunda definición es la más acertada debido a que la primera confunde isótopos con elementos, además de que los elementos químicos si están compuestos por sustancias simples, los que no están compuestos por ellas son, justamente, los compuestos químicos.
6	a) Si tenemos una sustancia que está compuesto por un solo elemento químico, es decir por un solo tipo de átomos (con el mismo número de protones) sabemos que esa sustancia es pura, es decir que no tiene ningún otro elemento es su composición química. b) Ambas definiciones dicen que un elemento químico está compuesto por un solo tipo de átomo y que todos los átomos de su composición tienen el mismo número de protones y características iguales. La diferencia que se observa en las definiciones es que uno hace una diferencia entre elemento químico y sustancia simple y la otra dice que cada elemento químico es una sustancia pura. Yo creo que ambas son correctas porque es correcto decir que todo elemento químico es una sustancia pura.
7	a) Considero correcta a la primera definición, es la que más se asemeja lo que he aprendido hasta el momento. b) Elegiría la primera como correcta, o más cercano a la realidad.
8	a) Como primera diferencia puedo ver que están tratando definiciones diferentes una es la de elemento químico y otra de sustancia. Una similitud es que hablan de elemento químico y sustancia pura como si fueran sinónimos ya que dice que el elemento no puede descomponerse por reacción química y una sustancia es un elemento de la tabla periódica por ende también es una sustancia b) Según mi criterio están tratando cosas diferentes puedo analizarlas por separado e inferir que la definición de sustancia la encuentro un poco escueta y la de elemento químico no la veo como una definición sino más bien como una propiedad del elemento al decir que no se puede descomponer por reacción química.

**Cuadro 6:** Respuestas para la Situación A1.3, para el intervalo de estudiantes 1 al 8

<b>Situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles</b>	
<b>Situación</b>	A.1.3
<b>Consigna</b>	Analiza las siguientes definiciones de elemento químico: <a href="https://www.definicionabc.com/ciencia/elemento-quimico.php">https://www.definicionabc.com/ciencia/elemento-quimico.php</a> <a href="http://www.areaciencias.com/quimica/sustancias-puras.html">http://www.areaciencias.com/quimica/sustancias-puras.html</a>
<b>Preguntas</b>	a) ¿Puedes identificar diferencias y similitudes entre ambas definiciones? b) ¿Ambas definiciones son correctas?, si no es así, ¿cuál lo es, por qué?
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
9	a) La diferencia que presentan estas definiciones es que, en el caso de la primera se realiza una diferenciación de elemento químico con sustancia simple, mientras que en la segunda definición toma a elemento químico con sustancia simple como algo igual. Se podría tomar como una similitud a que en el segundo caso como toma a elemento químico como algo igual a sustancia, ambas definiciones dicen que una sustancia es materia que tiene una composición específica y propiedades específicas. b) No lo son, la que se podría tomar como correcta es la primera debido a que realiza una correcta diferenciación entre lo que es elemento químico y sustancia simple.
10	a) Hay similitudes en ambas definiciones, aunque una trate el concepto de sustancia y otro trate el concepto de elemento químico. b) Aunque no las creo correctas, debido a que en la segunda definición tratan a los elementos como sustancias simples y en la primera habla de no confundir una sustancia simple con un elemento químico. Concluyendo, hay una contradicción entre ambas definiciones.
11	a) La similitud que existe entre las definiciones es que ambas no se pueden descomponer en reacciones químicas por lo tanto tiene características físicas únicas. b) Ambas no son correctas la definición 2 está mal porque es una sustancia es aquella no se puede descomponer una reacción química mientras que era una sustancia pura no tiene que ser necesariamente un elemento químico si no que puede ser una mezcla de diferentes elementos químicos.
12	a) Un elemento químico es un tipo de materia constituida por átomos de la misma clase. En su forma más simple, posee un número determinado de protones en su núcleo, haciéndolo pertenecer a una categoría única clasificada con el número atómico, aún cuando este pueda desplegar distintas masas atómicas. b) Claramente notamos marcadas diferencias entre las dos definiciones, siendo la segunda incorrecta, ya que menciona como lo mismo a un elemento químico y a una sustancia simple.
13	a) Un elemento químico es un tipo de materia constituida por átomos de la misma clase. En su forma más simple, posee un número determinado de protones en su núcleo, haciéndolo pertenecer a una categoría única según el número atómico, incluso presentando distintas masas atómicas. Una sustancia es materia con una composición química definida, compuesta por sus entidades: moléculas, unidades formulares y átomos. b) Un elemento es una sustancia constituida por átomos del mismo número atómico de manera que su división modifica las propiedades fisicoquímicas de éste. Sin embargo, una sustancia es la materia formada por un conjunto de elementos químicos iguales o diferentes y que se encuentra en cantidades microscópicas. Cuando dividimos una sustancia, ésta no pierde sus propiedades fisicoquímicas.
14	a) Según la primera definición un elemento es distinto de una sustancia simple ya que el primero se refiere a la igualdad de propiedades de los átomos que lo componen y la segunda se refiere a moléculas formadas un mismo tipo de átomo. En la segunda se plantea que cada elemento es igual a una sustancia pura, mientras que un compuesto es solo una sustancia, pero las propiedades deben ser las mismas para el elemento, o el compuesto, y para la sustancia que forman. La diferencia que puedo identificar es que en el primer caso se plantea la desigualdad entre elementos y sustancias simples, y en el segundo se trata como elemento a una sustancia pura, mientras que los compuestos son sólo sustancias, y no agrega nada sobre las sustancias simples. La similitud que puedo ver es que ambas tratan a los elementos como sustancias b) Considero que son correctas agregando en la segunda que los compuestos puros también son sustancias puras

**Cuadro 7:** Respuestas para la Situación A1.3, para el intervalo de estudiantes 9 al 14

Situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles	
<b>Situación</b>	A.1.3
<b>Consigna</b>	Analiza las siguientes definiciones de elemento químico: <a href="https://www.definicionabc.com/ciencia/elemento-quimico.php">https://www.definicionabc.com/ciencia/elemento-quimico.php</a> <a href="http://www.areaciencias.com/quimica/sustancias-puras.html">http://www.areaciencias.com/quimica/sustancias-puras.html</a>
<b>Preguntas</b>	a) ¿Puedes identificar diferencias y similitudes entre ambas definiciones? b) ¿Ambas definiciones son correctas?, si no es así, ¿cuál lo es, por qué?
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
15	a) No responde b) Estoy de acuerdo con ambas definiciones. ambas apuntan a un punto diferente, pero considero verdadero el argumento de cada una
16	a) La sustancia pura puede ser simple (cuyas moléculas tienen una sola clase de átomos) o puede ser compuesta (cuyas moléculas tienen dos o más clases de átomos) por eso, podemos hacer una clasificación de las sustancias puras entre elementos y compuestos. Se define un elemento como aquella sustancia que está formada por átomos del mismo tipo (sustancia pura simple), mientras que un compuesto es una sustancia pura que está formada por átomos de distinto tipo (sustancia pura compuesta). b) Con respecto a la primera definición, creo que es correcta y además deja en claro que un elemento posee átomos con el mismo número de protones en su núcleo. con respecto a la segunda definición, no es clara, es imprecisa y puede prestarse a confusión, ya que, por ejemplo: el agua es una sustancia pura pero no es un elemento.
17	a) Una sustancia pura puede ser simple (elemento) o compuesta (compuesto). Los elementos son las sustancias fundamentales de los cuales se compone toda la materia. Una sustancia pura es materia que tiene una composición fija y propiedades que la distinguen b) Ambas respuestas son correctas.
18	a) Si, cuando hablamos de elemento químico es la materia compuesta por átomos de una sola clase, en cambio cuando hablamos de sustancia puede ser simple o compuesta. b) Ambas son correctas
19	a) Creo que es muy importante realizar una distinción clara para los alumnos entre átomo y molécula, ya que se confunden al hablar de sustancia pura simple y elemento. Además, observo que no tienen formato de definición de elemento sino más bien una descripción o diferenciación con sustancia. b) Como dije antes, ambas son más bien aclaraciones o diferenciaciones de elementos químico. Creo que rearmaría una definición con esas descripciones.
20	a) No responde b) No se trata de definiciones exclusiva de elemento químico sino además define sustancia simple y sustancia pura. por lo que no puede ser analizada como definición.

**Cuadro 8:** Respuestas para la Situación A1.3, para el intervalo de estudiantes 15 al 20

	<b>Situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles</b>
<b>Situación</b>	A.1.4
<b>Consigna</b>	Teniendo en cuenta todos los aspectos discutidos, observa la siguiente imagen:
<b>Preguntas</b>	a) ¿El color del cobre es una propiedad intensiva característico del átomo de cobre o del elemento químico cobre? b) ¿Cuántos átomos de necesitan para formar un elemento químico?
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
1	a) No responde b) Se necesita uno solo
2	a) Del elemento cobre b) Un o dos átomos del mismo tipo
3	a) Es una propiedad del elemento químico cobre b) Con 2 átomos ya se puede decir que se forma un elemento químico.
4	a) El color es una propiedad intensiva por lo que no importa si tomamos un trozo de cobre o solo un átomo. b) Con tan solo un átomo se puede decir q tenemos un elemento químico ya que "átomo" retienen las propiedades químicas fundamentales de un elemento
5	a) El color del cobre es una propiedad intensiva tanto del átomo como del elemento cobre, ya que el elemento es un conjunto de átomos, por lo tanto, podríamos decir es el átomo el cual le da color al elemento químico b) No responde
6	a) El color del cobre es una propiedad del átomo y del elemento químico. b) Un átomo es suficiente para formar un elemento químico.
7	a) El color del cobre es una propiedad intensiva del elemento. b) Con solo un átomo ya estamos en presencia de un elemento químico.
8	a) La propiedad intensiva del color es una propiedad del átomo de cobre b) La cantidad de átomos que se necesitan es de $6,022 \times 10^{23}$
9	a) El color es una propiedad intensiva y es característico del elemento químico. b) La presencia de un átomo ya va a representar a un elemento químico, porque recordemos que el átomo es la mínima unidad que representa un elemento
10	a) El color del cobre es una propiedad intensiva del elemento químico cobre, pero como éste está formado por átomos del mismo, entonces es una propiedad intensiva de ambos. b) Para formar un elemento químico, se deben tener uno o dos átomos del mismo tipo.
11	a) El color del cobre es una propiedad intensiva del elemento químico del cobre. b) Los elementos químicos son tipos de átomos. En lo que son diferentes es el número de protones, neutrones o electrones que tiene cada uno
12	a) El color del cobre es una propiedad propiamente del elemento químico. b) Se necesita solo de un átomo para formar un elemento químico.
13	a) El color del cobre es una propiedad intensiva característica del átomo de cobre, b) Ya que un elemento se forma de uniones entre átomos de la misma clase
14	a) Del elemento químico. b) Un mol.
15	a) Es una propiedad intensiva b) Para formar un elemento químico se necesitan $6,022 \times 10^{23}$ átomos
16	a) El color del cobre se percibe cuando poseemos una cantidad significativa del elemento b) No responde
17	a) El color del cobre es una propiedad intensiva característico del elemento químico cobre. b) Depende el número atómico de cada elemento.
18	a) El color del cobre es por el ordenamiento que poseen los electrones del átomo, o sea su configuración electrónica. . b) Para considerarlo elemento químico necesito más de un átomo de cobre
19	a) El color es característicos del cobre como material, a nivel macroscópico y sustancial. b) No responde
20	a) El color del cobre es una propiedad del elemento químico cobre. b) Para formar un elemento químico se necesitan al menos dos átomos que pueden ser iguales o diferentes.

**Cuadro 9:** Respuestas para la Situación A1.4, para el intervalo de estudiantes 1 al 20

<b>Situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles</b>	
<b>Situación</b>	A.1.5
<b>Consigna</b>	Luego de las actividades resueltas, intenta expresar en forma escrita:
<b>Preguntas</b>	a) Un átomo es... b) Un elemento químico es... c) Una sustancia pura es...
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
1	a) Un átomo es la mínima unidad básica de todo ser humano. b) Un elemento químico es un tipo de materia constituida por átomos de la misma clase. c) Una sustancia pura es una sustancia homogénea que no puede cambiar de estado ni dividirse en otras sustancias, salvo por una reacción química.
2	a) Un Átomo es la unidad de partículas más pequeñas que puede existir como sustancia simple (elemento químico). b) Un elemento químico es un tipo de materia, constituida por átomos de la misma clase, con un número determinado de protones en su núcleo. c) Sustancias puras son las mezclas de alta pureza.
3	a) Un átomo es la unidad más pequeña posible de materia. b) Un elemento químico es una sustancia pura que no puede descomponerse en otra más sencilla, está compuesta por un tipo de átomo que se distingue por su Masa y Número atómico. c) Una sustancia pura puede ser un elemento o compuesto que tiene propiedades físicas y químicas específicas que permite diferenciarlas del resto.
4	a) Un átomo es la porción más pequeña que retiene las propiedades químicas fundamentales de un elemento. b) Un elemento químico es sustancias puras simples y están formados por una sola clase de átomos y no pueden descomponerse en otras sustancias puras más sencillas. c) Una sustancia pura es la que están formadas por átomos o moléculas todas iguales.
5	a) Un átomo es una combinación de electrones, protones y neutrones que, según la manera en que estén combinados, le otorgan propiedades físicas y químicas a la materia que conforman. b) Un elemento químico, al igual que una sustancia pura, es materia conformada por átomos del mismo tipo, es decir, con la misma cantidad de protones, neutrones y electrones en toda su extensión. c) Un elemento químico, al igual que una sustancia pura, es materia conformada por átomos del mismo tipo, es decir, con la misma cantidad de protones, neutrones y electrones en toda su extensión.
6	a) Un átomo es la cantidad menor de un elemento químico que tiene existencia propia y tiene las propiedades de un elemento químico. b) Un elemento químico es un tipo de materia constituida por átomos de la misma clase. En su forma más simple, posee un número determinado de protones en su núcleo. c) Una sustancia pura es aquella que presenta una composición química estable, como el agua, el helio, el nitrógeno o el dióxido de carbono, es decir está formado por moléculas o átomos iguales.
7	a) Un átomo es la partícula más pequeña que se puede hallar de materia, constando el mismo de 3 subpartículas atómicas (protones, neutrones y electrones). b) Un elemento químico es c) Una sustancia pura es...
8	a) Un átomo es la mínima expresión de la composición de la materia. b) Un elemento químico es la representación de un conjunto de átomos que se utiliza para conocer más acerca de ellos y sus comportamientos. c) Una sustancia pura son moléculas de un mismo átomo
9	a) Un átomo es la mínima unidad de un elemento químico, el cual presenta las mismas propiedades del elemento. b) Un elemento químico es aquella materia que está formado por átomos iguales. c) Una sustancia pura es aquella que está integrada solamente por un mismo elemento químico.
10	a) Un átomo es la menor porción de un elemento químico, que presenta las mismas propiedades que el mismo. Éste interviene en las reacciones químicas y está formado por 3 subpartículas: el protón (carga positiva), el neutrón (carga neutra o sin carga) y el electrón (carga negativa), las cuales les confieren las características al mismo. Las dos primeras nombradas, forman parte del núcleo y la tercera se encuentra alrededor del núcleo formando una "nube electrónica". b) Un elemento químico es aquella materia que está formada por átomos de igual clase (entre uno y dos, mono o diatómica). c) Sin embargo, hay que saber diferenciar entre el elemento y una sustancia pura. - Para definir a una sustancia pura, usamos un claro ejemplo como lo es el oxígeno: El ozono (O <sub>3</sub> ) es una sustancia pura, entre otras. Cada una de ellas con propiedades diferentes. Y el elemento químico que forma esta sustancia pura, es el oxígeno. Otro ejemplo es el del elemento químico carbono, que se presenta en la naturaleza como grafito o como diamante.

**Cuadro 10:** Respuestas para la Situación A1.5, para el intervalo de estudiantes 1 al 10

	Situaciones que no presentan representaciones pictóricas móviles
<b>Situación</b>	A.1.5
<b>Consigna</b>	Luego de las actividades resueltas, intenta expresar en forma escrita:
<b>Preguntas</b>	a) Un átomo es...
	b) Un elemento químico es...
	c) Una sustancia pura es...
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
11	a) Un átomo constituye una parte de la materia es una unidad básica de la materia.
	b) Un elemento químico es una sustancia que está formada por átomos de un mismo tipo y su núcleo tiene la misma cantidad de protones.
	c) Una sustancia pura es una mezcla de elementos químicos
12	a) Un átomo es la unidad constituyente más pequeña de un átomo. El átomo está conformado por protones neutrones y electrones.
	b) Un elemento químico es un tipo de materia constituida por átomos de la misma clase.
	c) Una sustancia simple es aquella formada por átomos o moléculas de una sola clase de átomos.
13	a) Un átomo es la unidad más pequeña de la materia que tiene las propiedades de un elemento químico.
	b) Un elemento químico es un tipo de materia constituida por átomos de la misma clase.
	c) Sustancia pura, es una clase particular de materia homogénea cuya composición es fija y químicamente definida, que no se puede descomponer en otras.
14	a) Un átomo es la mínima unidad constituyente de la materia que se conserva inalterada en una reacción química.
	b) Un elemento químico es un conjunto de átomos con iguales propiedades.
	c) Una sustancia pura es aquella que no puede dividirse en otras sustancias, salvo por una reacción química.
15	a) Un átomo es la partícula más pequeña que contiene las propiedades químicas.
	b) Un elemento químico está constituido por átomos de la misma clase.
	c) Una sustancia pura es la unión de dos o más compuestos puros
16	a) Podemos decir que un átomo es la cantidad menor de un elemento químico que tiene existencia propia y que está considerada como indivisible. El átomo está formado por un núcleo con protones y neutrones y por varios electrones orbitales, cuyo número varía según el elemento químico.
	b) Un elemento químico es una sustancia que está formada por átomos del mismo tipo cuyos núcleos presentan la misma cantidad de protones más allá del número de neutrones. A la cantidad de protones que presenta cada átomo de un elemento químico se lo conoce como número atómico
	c) Una sustancia pura es sustancia química particular compuesta de la misma clase de materia con partículas del mismo tipo en toda su extensión, es decir, es un sistema homogéneo que posee un sólo componente. Las sustancias puras pueden ser simples o compuestas. Una sustancia simple es aquella sustancia pura que está formada por átomos de un único elemento en sus posibles estados alotrópicos y una sustancia compuesta es aquella sustancia pura en cuya composición encontramos varias clases de átomos en una proporción constante.
17	a) Un átomo es la unidad más pequeña de un elemento que puede intervenir en una combinación química.
	b) Un elemento químico es una sustancia que está formada por átomos.
	c) Una sustancia pura es materia que tiene una composición fija y propiedades que la distinguen.
18	a) Un átomo es la unidad mínima, la más pequeña que constituye la materia.
	b) Un elemento químico es una sustancia simple (constituida por átomos de la misma clase).
	c) Una sustancia pura puede ser simple como el oxígeno o compuesta como el agua, carbonato de sodio, etc.
19	a) Un átomo es la unidad constituyente más pequeña de la materia que tiene las propiedades de un elemento químico.
	b) Un elemento químico es un tipo de materia constituida por átomos de la misma clase. 1 En su forma más simple, posee un número determinado de protones en su núcleo, haciéndolo pertenecer a una categoría única clasificada con el número atómico, aún cuando este pueda desplegar distintas masas atómicas.
	c) No responde
20	a) No responde
	b) Un elemento químico está compuesto por átomos
	c) No responde

**Cuadro 11:** Respuestas para la Situación A1.5, para el intervalo de estudiantes 11 al 20

Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles	
<b>Situación</b>	A1.6
<b>Consigna</b>	Observa la siguiente imagen GIF y señala:
<b>Preguntas</b>	a) ¿Qué representan las esferas rojas?, ¿por qué son mayores que las amarillas? b) ¿Qué representan las esferas amarillas? c) ¿Por qué crees que se mueven de esa manera? d) ¿Qué produce estos movimientos? e) ¿Qué representa el área azul? f) ¿Qué propiedades periódicas podrías identificar?
<b>Nº Alumno</b>	Respuesta Original
1	a) Las esferas rojas son los átomos. b) Las amarillas son electrones. c) No responde d) Se mueven porque se atraen por la diferencia de electronegatividad. e) El área azul es el medio en donde se mueven. f) No responde
2	a) Un átomo, son mayores por el número atómico. b) Otro átomo más pequeño. c) Porque se atraen d) El más chico atrae al mayor e) Nube de electrones f) Número atómico, masa atómica, radio atómico, afinidad, electronegatividad
3	a) Ambas esferas representan átomos, pero el tamaño indica el radio que tiene cada una (la amarilla tiene menor radio que la roja). b) Ambas esferas representan átomos c) <b>Se mueven de esa manera ya que al unirse hay una distorsión en la ubicación de los electrones</b> (nube azul) generando en la molécula un dipolo, es decir, un extremo con cargas negativas y otro con cargas positivas, es así que generan una atracción con sus moléculas vecinas produciendo una unión. d) Se mueven de esa manera ya que al unirse hay una distorsión en la ubicación de los electrones (nube azul) <b>generando en la molécula un dipolo, es decir, un extremo con cargas negativas y otro con cargas positivas</b> , es así que generan una atracción con sus moléculas vecinas produciendo una unión e) Se mueven de esa manera ya que al unirse hay una <b>distorsión en la ubicación de los electrones (nube azul)</b> generando en la molécula un dipolo, es decir, un extremo con cargas negativas y otro con cargas positivas, es así que generan una atracción con sus moléculas vecinas produciendo una unión f) La propiedad periódica que se identifica es la fuerza de ionización, electronegatividad
4	a) Son dos moléculas donde uno de sus átomos es mayor que el otro a) Son dos moléculas c) Se están moviendo una <b>atracción dipolo-dipolo</b> , producido por la diferencia de densidades de carga entre ellas. d) Se están moviendo una atracción dipolo-dipolo, <b>producido por la diferencia de densidades de carga entre ellas</b> . e) El área azul representa el campo eléctrico. f) Se puede identificar las siguientes propiedades radio atómico y afinidad electrónica
5	a) Las esferas rojas representan aniones, como, por ejemplo, el anión cloruro. Son mayores que las esferas amarillas debido a que han incorporado un electrón más a su estructura, por lo que el núcleo ya no puede ejercer tanta atracción sobre los electrones, y el tamaño del átomo aumenta. b) Las esferas amarillas representan cationes, elementos que han perdido un electrón quedando con mayor cantidad de cargas positivas que negativas. c) Se mueven de esa manera ya que los cationes con los aniones se atraen al tener cargas opuestas, también debido al déficit y sobra de electrones que poseen. d) Lo que produce esos movimientos es la atracción que hay entre los iones de carga positiva y negativa que podemos observar. e) El área azul representa la nube electrónica que rodea a los núcleos de los átomos. f) Puedo identificar: radio iónico, poder polarizante, electronegatividad.

**Cuadro 12:** Respuestas para la Situación A1.6, para el intervalo de estudiantes 1 al 5

	Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles
<b>Situación</b>	A1.6
<b>Consigna</b>	Observa la siguiente imagen GIF y señala:
<b>Preguntas</b>	<p>a) ¿Qué representan las esferas rojas?, ¿por qué son mayores que las amarillas?</p> <p>b) ¿Qué representan las esferas amarillas?</p> <p>c) ¿Por qué crees que se mueven de esa manera?</p> <p>d) ¿Qué produce estos movimientos?</p> <p>e) ¿Qué representa el área azul?</p> <p>f) ¿Qué propiedades periódicas podrías identificar?</p>
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
6	<p>a) Las esferas rojas son los aniones y son mayores que las amarillas porque los aniones son generalmente de átomos que están a la derecha de la tabla periódica ya que estos puedes aceptar electrones fácilmente y el radio atómico de estos elementos son más grande que los cationes.</p> <p>b) Las esferas rojas son cationes.</p> <p>c) Mueven de esa manera porque un catión esta atraído por 2 o más aniones y acá anión a su vez esta atraído por 2 o más cationes.</p> <p>d) Estos movimientos es debido a que los cationes están cargadas positivamente y los cationes negativamente y hay atracción entre las cargas de signos opuestos.</p> <p>e) El área azul representa la densidad de electrones.</p> <p>f) Electronegatividad y radio atómico, y potencial de ionización.)</p>
7	<p>a) Yo pensaría en un polo inducido, una unión; donde por ejemplo <b>podría ser el Cl (rojo)</b> y el Na (amarillo), y formar estos una red cristalina como lo hace el NaCl. Lo celeste sería la nube electrónica.</p> <p>b) Yo pensaría en un polo inducido, una unión; donde por ejemplo podría ser el Cl (rojo) y el Na (amarillo), y formar estos una red cristalina como lo hace el NaCl. Lo celeste sería la nube electrónica.</p> <p>c) Yo pensaría en un polo inducido, una unión; donde por ejemplo podría ser el Cl (rojo) y el Na (amarillo), y formar estos una red cristalina como lo hace el NaCl. Lo celeste sería la nube electrónica</p> <p>d) Yo pensaría en <b>un polo inducido, una unión</b>; donde por ejemplo podría ser el Cl (rojo) y el Na (amarillo), y formar estos una red cristalina como lo hace el NaCl. Lo celeste sería la nube electrónica.</p> <p>e) Yo pensaría en un polo inducido, una unión; donde por ejemplo podría ser el Cl (rojo) y el Na (amarillo), y formar estos una red cristalina como lo hace el NaCl. <b>Lo celeste sería la nube electrónica.</b></p> <p>f) Yo pensaría en un polo inducido, una unión; donde por ejemplo podría ser el Cl (rojo) y el Na (amarillo), y formar estos una red cristalina como lo hace el NaCl. Lo celeste sería la nube electrónica.</p>
8	<p>a) Pueden representar átomos centrales de una molécula, deben ser mayores porque las esferas amarillas corresponderían a otro elemento con menor radio iónico.</p> <p>b) Un átomo</p> <p>c) <b>Porque están sientto atraídos y repelidos</b> a causa de diferencias de electronegatividad.</p> <p>d) Porque están sientto atraídos y repelidos a cauda de <b>diferencias de electronegatividad.</b></p> <p>e) Una nube electrónica, un área donde los electrones de los átomos son distorsionados, atraídos y repelidos.</p> <p>f) Radio iónico y electronegatividad</p>
9	<p>a) Las esferas rojas representan el núcleo de un átomo. Estas son mayores que las amarillas porque en el núcleo se encuentran los protones y neutrones y ambos son más grandes en tamaño que los electrones, los cuales están representados en esta imagen en color amarillo.</p> <p>b) Las esferas amarillas representan los electrones.</p> <p>c) Se mueven de esa manera porque el núcleo va a tener una carga positiva, mientras que los electrones poseen carga negativa y, al tener carga opuesta se van a generar fuerzas de atracción.</p> <p>d) Producen fuerzas electrostáticas.</p> <p>e) Representa la zona donde se pueden encontrar a los electrones, es decir donde se mueven los mismos.</p> <p>f) Propiedades de electronegatividad y afinidad electrónica.</p>
10	<p>a) Las esferas rojas y amarillas representan diferentes tipos de átomos. Unas son mayores que otras debido a sus diferentes propiedades periódicas, que hacen que su tamaño varíe.</p> <p>b) Las esferas rojas y amarillas representan diferentes tipos de átomos. Unas son mayores que otras debido a sus diferentes propiedades periódicas, que hacen que su tamaño varíe.</p> <p>c) Se mueven de esa manera debido a que se produce un fenómeno de atracción entre ambas esferas.</p> <p>d) Lo que produce la atracción entre ambos átomos son los electrones que rodean al núcleo de los mismos.</p> <p>e) El área azul representa la "nube electrónica" (nombrada anteriormente), la cual produce la atracción entre ambos núcleos.</p> <p>f) Puedo identificar: Carga Nuclear Efectiva, Radio atómico, Electronegatividad, Energía de Ionización y Afinidad Electrónica.</p>

**Cuadro 13:** Respuestas para la Situación A1.6, para el intervalo de estudiantes 6 al 10

Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles	
<b>Situación</b>	A1.6
<b>Consigna</b>	Observa la siguiente imagen GIF y señala:
<b>Preguntas</b>	<p>a) ¿Qué representan las esferas rojas?, ¿por qué son mayores que las amarillas?</p> <p>b) ¿Qué representan las esferas amarillas?</p> <p>c) ¿Por qué crees que se mueven de esa manera?</p> <p>d) ¿Qué produce estos movimientos?</p> <p>e) ¿Qué representa el área azul?</p> <p>f) ¿Qué propiedades periódicas podrías identificar?</p>
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
11	<p>a) Las esferas rojas representan una molécula o parte de una molécula, son más grandes que las amarillas porque son más electronegativas.</p> <p>b) Las esferas amarillas son otras moléculas de hidrógeno</p> <p>c) Se mueven así porque tienen una interacción dipolo-dipolo que proviene de un enlace polar</p> <p>d) Producen cargas parciales aumentando las fuerzas de atracción</p> <p>e) El área azul representa: el radio atómico, electronegatividad, afinidad electrónica.</p> <p>f) No responde</p>
12	<p>a) Las esferas rojas y amarillas representan átomos y son mayores que las amarilla debido a su radio atómico.</p> <p>b) Las esferas rojas y amarillas representan átomos</p> <p>b) Se mueven de esa manera a que tienen cargas opuestas por eso una tiende a la otra.</p> <p>d) No responde</p> <p>e) El área azul representa la zona de alta densidad electrónica.</p> <p>f) Radio atómico, afinidad electrónica, electronegatividad, energía de ionización</p>
13	<p>a) Las esferas rojas representan dipolos, son mayores que la amarillas porque muestran el átomo de hidrógeno de un enlace polar, como el O-H o el N-H.</p> <p>b) Las esferas amarillas representan un átomo electronegativo como O, N o F.</p> <p>c) Se mueven de esa manera porque se produce una atracción.</p> <p>d) Estos movimientos son producidos por fuerzas intermoleculares (enlace hidrógeno).</p> <p>e) El área azul representan zonas de desplazamiento de electrones.</p> <p>f) No responde</p>
14	<p>a) Átomos. Porque poseen mayor tamaño o radio atómico.</p> <p>b) Átomos de otro tipo.</p> <p>c) Porque se produce un enlace.</p> <p>d) La atracción de cargas.</p> <p>e) La zona donde se hallan los electrones.</p> <p>f) Radio atómico, número atómico, electronegatividad.</p>
15	<p>a) Las esferas rojas representas los núcleos y son mayores porque tienen mayor masa</p> <p>b) Las esferas amarillas representan los electrones</p> <p>c) No responde</p> <p>d) Por las fuerzas de atracción de un polo positivo y otro negativo</p> <p>e) La nube electrónica</p> <p>f) Número atómico, electronegatividad, afinidad electrónica</p>
16	<p>a) <b>Las esferas rojas representan átomos más electronegativos</b> con respecto a los amarillos; en mi caso voy a considerar las <b>rojas como átomos de oxígeno</b> y las amarillas como átomos de hidrógeno. <b>Las amarillas son más pequeñas debido a su menor radio atómico</b> (la distancia que existe entre el núcleo y el orbital más externo de un átomo. Por medio del radio atómico, es posible determinar el tamaño del átomo)</p> <p>b) Las esferas rojas representan átomos más electronegativos con respecto a los amarillos; en mi caso voy a considerar las rojas como átomos de oxígeno y <b>las amarillas como átomos de hidrógeno</b>. Las amarillas son más pequeñas debido a su menor radio atómico (la distancia que existe entre el núcleo y el orbital más externo de un átomo. Por medio del radio atómico, es posible determinar el tamaño del átomo)</p> <p>c) El movimiento muestra la forma en la que interactúan las esferas, mostrando que el más electronegativo (capacidad para atraer electrones), es decir la esfera roja se acerca a la amarilla. Este GIF puede explicar, el enlace por puente de hidrógeno (tipo especial de interacción dipolo-dipolo entre el átomo de hidrógeno de un enlace polar, como el O-H o el N-H, y un átomo electronegativo como O, N o F.)</p> <p>d) Este GIF puede explicar, el enlace por puente de hidrógeno (tipo especial de interacción dipolo-dipolo entre el átomo de hidrógeno de un enlace polar, como el O-H o el N-H, y un átomo electronegativo como O, N o F.)</p> <p>e) La zona azul muestra la densidad electrónica de cada átomo y muestra cómo se deforma en la interacción con otros átomos.</p> <p>f) Las propiedades periódicas identificadas son: electronegatividad, radioatómico</p>

**Cuadro 14:** Respuestas para la Situación A1.6, para el intervalo de estudiantes 11 al 16

<b>Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles</b>	
<b>Situación</b>	A1.6
<b>Consigna</b>	Observa la siguiente imagen GIF y señala:
<b>Preguntas</b>	a) ¿Qué representan las esferas rojas?, ¿por qué son mayores que las amarillas?
	b) ¿Qué representan las esferas amarillas?
	c) ¿Por qué crees que se mueven de esa manera?
	d) ¿Qué produce estos movimientos?
	e) ¿Qué representa el área azul?
	f) ¿Qué propiedades periódicas podrías identificar?
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
17	a) Las esferas rojas son átomos. Porque está formado por dos partículas subatómicas.
	b) Las esferas amarillas representan a los electrones.
	c) Porque intentan unirse o sea formar un enlace químico.
	d) Los movimientos lo producen las fuerzas de atracción.
	e) Representa la nube electrónica
	f) No responde
18	a) Las esferas rojas son átomos de mayor tamaño respecto a los de amarillo, por la cantidad de electrones que poseen.
	b) En cambio las esferas amarillas son átomos más pequeños menor cantidad de electrones.
	c) Se mueven de esa manera porque el átomo amarillo presenta mayor electronegatividad.
	d) Estos movimientos se producen para poder enlazarse de manera más estable.
	e) El área azul es la densidad de carga, o sea como va cambiando dependiendo el acercamiento del átomo más electronegativo.
	f) Electronegatividad, polarización de la nube electrónica.
19	a) Las rojas son protones
	b) Las amarillas electrones.
	c) Se mueven por las fuerzas de atracción.
	d) No responde
	e) No responde
	f) No responde
20	a) Las esferas rojas representan unidades subatómicas, son mayores que las amarillas porque se tratan de protones
	b) Las esferas amarillas representan un electrón
	c) Se mueven de esta manera por las fuerzas electrostáticas
	d) Estos movimientos se producen por la atracción que existe entre ambos por la diferencia de cargas.
	e) No responde
	f) No responde

**Cuadro 15:** Respuestas para la Situación A1.6, para el intervalo de estudiantes 17 al 20

Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles	
<b>Situación</b>	A.1.7
<b>Consigna</b>	Observa los siguientes GIF animados
<b>Preguntas</b>	a) ¿Qué representan ambos GIF? b) ¿Puedes reconocer alguna diferencia? c) ¿Y similitudes?
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
1	a) Ambos GIF representan átomos atrayéndose por los electrones. b) No responde c) No responde
2	a) La atracción de dos átomos. b) En el primero los átomos se atraen y en el segundo se unen c) Ambos se unen
3	a) Son dos átomos iguales, que al unirse forma una molécula más estable. Mientras que en el segundo GIF son dos moléculas que se unen momentáneamente pero luego se separan. b) No responde c) No responde
4	a) Los GIF representan fuerzas intermoleculares. b) La diferencia es que en el primero parece que la unión dipolo-dipolo y en la segunda una dipolo -dipolo inducido. c) La similitud es que en ambas las moléculas se unen.
5	a) Ambos GIF representan uniones químicas b) Las diferencias radican en que en el primer GIF se unen dos átomos iguales al parecer, que combinan sus nubes electrónicas; en cambio, en el segundo GIF se unen dos moléculas similares al del agua, por lo que se produce una unión puente de hidrógeno. c) No responde
6	a) Ambos GIF representan uniones químicas. b) El primer GIF muestra dos átomos de (puede ser de oxígeno) fusionándose para formar una molécula (puede ser de O <sub>2</sub> ) en su estado cuántico fundamental. Las nubes de color representan los orbitales atómicos. Los orbitales 2s y 2p de cada átomo se combinan para formar los orbitales $\sigma$ y $\pi$ de la molécula, que la mantienen unida. Los orbitales 1s, más interiores, no se combinan y permiten distinguir a cada núcleo. c) No responde
7	a) Unión covalente, de doble enlace, por ejemplo, el O <sub>2</sub> El 2do representaría una unión puente hidrógeno, como sucede con el H <sub>2</sub> O, por ejemplo. b) No responde c) No responde
8	a) El Gif rojo representa atracción entre átomos y el azul atracción entre moléculas. b) El rojo atracción entre átomos con una distorsión de la nube electrónica alrededor y el azul dos moléculas próximas a combinarse al parecer una de las moléculas posee una zona de deficiencia de electrones y la otra molécula podría decirse que tiene zona con exceso por eso se aproximan. c) Una similitud podría ser que ambas tienden a combinarse, dando productos diferentes, además los electrones juegan un papel fundamental en ambos GIF.
9	a) Representan uniones, enlaces covalentes. b) En el primer caso representa un enlace permanente mientras en el segundo caso por diferentes motivos esta atracción no es permanente. c) Ambos representan uniones donde se comparten de electrones.
10	a) Ambos GIF representan la unión de átomos. b) Sí, la diferencia es que en el primer GIF se unen átomos iguales y en el segundo GIF, los átomos son distintos. Además, en el segundo, son moléculas uniendo átomos. c) Similitudes, sólo he encontrado la unión que se produce en ambos para formar una molécula de algún compuesto/elemento.
11	a) En el GIF número 1 representa el electrón este muestra dos átomos de oxígeno fusionándose para formar una molécula de O <sub>2</sub> en su estado cuántico fundamentalmente y el GIF número dos representa los enlaces de hidrógeno se están formando y deshaciendo continuamente en el agua. b) Si se puede reconocer una diferencia porque en el GIF número 1 es un enlace covalente mientras que en el GIF número 2 es un enlace covalente polar y además son de distintas moléculas. c) Lo que hay de similitud es que dos provienen de enlaces covalentes.
12	a) Uno de los GIF representa una unión puente hidrógeno como sucede en el caso del agua. b) No responde c) No responde

**Cuadro 16:** Respuestas para la Situación A1.7, para el intervalo de estudiantes 1 al 12

<b>Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles</b>	
<b>Situación</b>	A.1.7
<b>Consigna</b>	Observa los siguientes GIF animados
<b>Preguntas</b>	a) ¿Qué representan ambos GIF? b) ¿Puedes reconocer alguna diferencia? c) ¿Y similitudes?
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
13	a) La primera muestra la unión de átomos y la segunda de moléculas, gracias a la atracción entre núcleos (protones y neutrones) y la nube de electrones de cada átomo. b) No responde d) No responde
14	a) Un enlace. b) El primero es un enlace intramolecular covalente donde se forma una molécula y en el segundo se produce un enlace intermolecular de tipo puente de hidrógeno. c) Ambas son por fuerzas atractivas entre átomos.
15	a) Representa la combinación de electrones un mismo átomo. Solo un electrón hay en juego. b) No responde c) No responde
16	a) *PRIMER GIF: En la imagen se observa la superposición de los orbitales en la formación de una molécula. El enlace se forma por superposición de orbitales atómicos de dos átomos, con un electrón cada uno (ej: átomos de hidrógeno). Al superponerse los dos orbitales atómicos se forma un orbital de la molécula con dos electrones, que supone la formación de un enlace entre los dos átomos. *SEGUNDO GIF: Representan dos moléculas de agua (las esferitas blancas representan a los átomos de hidrógeno y la celeste a átomos de oxígeno) que están interactuando. Los enlaces de hidrógeno pueden ocurrir entre moléculas o entre diferentes partes de una misma molécula. Son más fuertes que las interacciones de Van Der Waals, pero más débiles que los enlaces covalentes o iónicos. Los enlaces de hidrógeno que se forman en el agua líquida se forman y deshacen constantemente (como se puede percibir en el GIF). b) Un GIF muestra la interacción entre átomos (1°) y el otro (2°) muestra la interacción entre moléculas c) No responde
17	a) Representan uniones químicas. La primera parece una unión iónica y la segunda una unión covalente. b) En la Primera imagen se entiende que son dos elementos que se unen y en la segunda son compuestos que se unen. c) No responde
18	a) Son uniones b) En el primer GIF son uniones entre átomos en cambio la segunda son uniones moleculares. c) No responde
19	a) En esta se combinan átomos en las otras partículas subatómicas y en el Último de abajo se combinan moléculas. b) No responde c) No responde
20	a) El primer GIF son dos átomos que están uniéndose para formar una molécula. Y en el segundo GIF son dos moléculas (de agua) formando un puente de hidrógeno. b) No responde c) No responde

**Cuadro 17:** Respuestas para la Situación A1.7, para el intervalo de estudiantes 13 al 20

Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles	
<b>Situación</b>	A2.1
<b>Consigna</b>	Abril y Alejandro están discutiendo si la precipitación es un fenómeno físico o químico. Analiza ambos argumentos:
<b>Preguntas</b>	<p>a) Intenta justificar cuál podría ser el modelo explicativo acertado argumentando sobre tu decisión.</p> <p>b) ¿Cómo refutarías ambas hipótesis desde las teorías químicas que conoces?</p> <p>c) A partir de este debate, ¿podrías asegurar que la precipitación es un fenómeno químico o físico?, ¿Por qué?</p>
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
1	<p>a) Para mí sería Modelo 1 <b>no argumenta</b></p> <p>b) Que, al agregar demasiada sustancia sólida, aunque en parte se disuelva siempre se va a observar el excedente.</p> <p>c) Químico porque se produce que una sustancia insoluble se vuelve soluble por una reacción química.</p>
2	<p>a) Para mí el acertado es la precipitación como fenómeno químico ya que el precipitado se produce a partir de una reacción química. La precipitación es un fenómeno químico dicha reacción puede ocurrir cuando se forma una sustancia insoluble en una disolución</p> <p>b) No responde</p> <p>c) No responde</p>
3	<p>a) No responde</p> <p>b) No responde</p> <p>c) Creo que la disolución es un fenómeno químico y que se puede confirmar mediante la observación del fenómeno físico. Es decir, la solubilidad depende de las sustancias que reaccionan y sus propiedades, una logra disolverse en la otra sin dejar precipitado. Ahora, si tenemos un exceso de una de las partes, por más que sean solubles vamos a tener precipitado debido al exceso de una sustancia o por la falta de otra (ej: agua y sal).</p>
4	<p>a) En mi opinión la precipitación es fenómeno químico ya que se genera una redistribución de los aniones y cationes.</p> <p>b) Podría refutarse con la teoría de ácido base ya que se separan la solución en aniones y cationes.</p> <p>c) A partir de este debate solo me hizo ver un fenómeno de dos lugares diferentes creo que si bien se debe producir una redistribución de las partículas un fenómeno no se puede encasillar solo viéndolo de un punto de vista. Buscando información en internet me resulto más como un fenómeno químico</p>
5	<p>a) Yo creo que el modelo explicativo acertado acerca de la formación de precipitado es el que habla sobre la precipitación como un fenómeno químico ya que, en el caso de la ilustración, el precipitado se forma a partir de dos reactivos en los cuales se genera un sólido insoluble que se va hacia el fondo, y que antes no existía.</p> <p>b) Para refutar la hipótesis de que la formación de precipitado es un fenómeno físico podría decir que en el caso que dio abril sólo estamos hablando de la saturación de la capacidad del agua de disolver la sal, por lo tanto, el precipitado formado no es más que sal que no ha podido ser disuelta por el agua.</p> <p>c) Yo considero que la precipitación es un fenómeno químico ya que el precipitado que se forma es producto de la reacción de dos soluciones, que forman un sólido insoluble que se precipita hacia el fondo.</p>
6	<p>a) En este caso creo que la precipitación del PBL2 es un fenómeno químico ya que este producto de obtuve a partir de una reacción química es decir no hubo solamente cambio físicas en el material, sino cambios químicos que cambio los reactivos en un producto que tiene una composición completamente diferente al reactivo.</p> <p>b) No responde</p> <p>c) No responde</p>
7	<p>a) No responde</p> <p>b) No responde</p> <p>c) No responde</p>
8	<p>a) Según mi criterio ambas se producen en simultaneo, pero, es inevitable que si observamos el proceso físico no se tenga en cuenta el proceso químico, para que se produzca el precipitado es necesario una reacción química.</p> <p>b) Desde el punto de vista físico el argumento está basado en principios de la teoría de solubilidad en donde se genera un precipitado a partir de la saturación del solvente, pero se está excluyendo aquellos fenómenos que suceden cuando se producen las reacciones químicas. Cuando se trata de solubilidad se pueden tratar todas las soluciones pero no todas van a generar precipitado, que se generan con reacciones químicas.</p> <p>c) La precipitación es un fenómeno más químico que físico, porque para que se produzca el precipitado debe haber una reacción química se puede considerar además que después de producido esto el producto ya ha sufrido una transformación química que es muy improbable que pueda ser reversible como sucede en los cambios físicos.</p>

**Cuadro 18:** Respuestas para la Situación A2.1, para el intervalo de estudiantes 1 al 8

Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles	
<b>Situación</b>	A2.1
<b>Consigna</b>	Abril y Alejandro están discutiendo si la precipitación es un fenómeno físico o químico. Analiza ambos argumentos:
<b>Preguntas</b>	<p>a) Intenta justificar cuál podría ser el modelo explicativo acertado argumentando sobre tu decisión.</p> <p>b) ¿Cómo refutarías ambas hipótesis desde las teorías químicas que conoces?</p> <p>c) A partir de este debate, ¿podrías asegurar que la precipitación es un fenómeno químico o físico?, ¿Por qué?</p>
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
9	<p>b) El modelo explicativo acertado es el de Alejandro, debido a que él establece que la precipitación es un fenómeno químico y su razonamiento es más acertado. Nosotros sabemos que una precipitación puede ocurrir cuando una sustancia insoluble se forma en la disolución debido a una reacción química o a que la disolución ha sido sobresaturada por algún compuesto, esto es, que no acepta más soluto y que al no poder ser disuelto, dicho soluto forma el precipitado.</p> <p>b) Utilizaría los factores que afectan a la precipitación, podríamos utilizar los cambios de temperatura los cuales afectarían a la constante del producto de solubilidad y, por lo tanto, afectaría a la solubilidad de los compuestos. También podríamos apoyarnos en como contribuye el efecto del ion común.</p> <p>c) La precipitación es un fenómeno químico porque es el proceso donde se forma un producto insoluble en una disolución debido a una reacción química, o que dicha disolución ha sido sobresaturada por algún compuesto insoluble.</p>
10	<p>a) Desde mi decisión, el modelo explicativo acertado para mí es el de Alejandro, donde se toma a la precipitación como fenómeno químico. Debido a que él demuestra (en la ilustración) que, a partir de dos soluciones homogéneas, al unir las se forma el sólido insoluble que precipita al fondo de recipiente.</p> <p>b) La refutación hacia el modelo de Abril, es fácil, debido a que ella sólo está disolviendo sal en agua y lo que ha producido es una saturación del agua hasta un punto donde no hay más disolución de la sal en la misma.</p> <p>c) La precipitación es un fenómeno químico, debido a que cuando hablamos de "precipitado" nos referimos a un sólido insoluble que se produce en la unión de dos soluciones, por efecto de una reacción química.</p>
11	<p>a) Que la precipitación se produce mediante una reacción química donde se produce una disolución quedando un precipitado sólido insoluble.</p> <p>b) Hipótesis: que un precipitado se obtiene de la disolución de varias sustancias que se disuelven o permanecen sólidas sin cambio químico permanece inalterada.</p> <p>c) La precipitación es fenómeno físico.</p>
12	<p>a) No responde</p> <p>b) No responde</p> <p>c) No responde</p>
13	<p>a) Para mí, el modelo explicativo acertado es el de "precipitación como fenómeno químico" ya que es a través de reacciones químicas se forma un sólido insoluble el cual dependiendo de la densidad de este se suspende, flota o precipita o que la disolución ha sido sobresaturada por algún compuesto.</p> <p>b) La primera hipótesis lo que ocurre es que una solución sobresaturada, pasa a ser una suspensión y de ahí a una solución saturada, tan solo por exceso de sal es que se precipita, pero no se forma un sólido insoluble. Con respecto a la segunda a través de reacciones químicas es que un ion se transforma en otro con mayor o menor estado de oxidación es lo que produce la formación de un compuesto insoluble.</p> <p>c) Repito con que la precipitación es un fenómeno químico ya que consiste en la formación de sólidos insolubles y se debe a las reacciones de soluciones que dan lugar a este hecho.</p>
14	<p>a) La precipitación se produce cuando tenemos un sólido no soluble en una solución o líquido, ya sea por saturación de la solución por agregado de un sólido con una solubilidad determinada, o por una reacción química donde se genere un sólido insoluble.</p> <p>b) En el primer caso, si en vez de sal se hubiera agregado un sólido menos o igual de denso que el agua éste no se hubiese depositado en el fondo, sino que podría flotar o quedar como suspensión. En el segundo caso el precipitado no se debe a la presencia de una reacción química sino a las características de la sustancia obtenida.</p> <p>c) La precipitación es un fenómeno físico porque no es necesario un cambio químico para que se produzca un precipitado, sino que depende de la solubilidad de la sustancia debido a sus propiedades.</p>

**Cuadro 19:** Respuestas para la Situación A2.1, para el intervalo de estudiantes 9 al 14

<b>Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles</b>	
<b>Situación</b>	A2.1
<b>Consigna</b>	Abril y Alejandro están discutiendo si la precipitación es un fenómeno físico o químico. Analiza ambos argumentos:
<b>Preguntas</b>	<p>a) Intenta justificar cuál podría ser el modelo explicativo acertado argumentando sobre tu decisión.</p> <p>b) ¿Cómo refutarías ambas hipótesis desde las teorías químicas que conoces?</p> <p>c) A partir de este debate, ¿podrías asegurar que la precipitación es un fenómeno químico o físico?, ¿Por qué?</p>
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
15	<p>a) Mi modelo sería el de Ambos modelos explicarían este fenómeno ya que como fenómeno físico una vez mezclados los componentes puedo a través de diferentes métodos de separación obtener nuevamente la sal. Como fenómeno químico esta precipitación se debe a una solución saturada lo cual produce la formación de un sólido por una mayor concentración de sal. Las moléculas de sal se combinan con las de agua produciendo una solución salada y si sigo agregando soluto provoca la sobresaturación.</p> <p>b) No responde</p> <p>c) No responde</p>
16	<p>a) Cabe aclarar que un precipitado es el sólido que se produce en una disolución por efecto de cristalización o de una reacción química. Dicha reacción puede ocurrir cuando una sustancia insoluble se forma en la disolución debido a una reacción química o a que la disolución ha sido sobresaturada por algún compuesto, esto es, que no acepta más soluto y que al no poder ser disuelto, dicho soluto forma el precipitado. Es decir, una precipitación puede darse por más de un motivo; es por esto que hay que analizar cada situación.</p> <p>b) No responde</p> <p>c) No responde</p>
17	<p>a) No responde</p> <p>b) No responde</p> <p>c) No responde</p>
18	<p>a) La precipitación puede ser un fenómeno físico o químico, en el caso de abril se produce un precipitado ya que la cantidad de agua (solvente) no puede disolver al soluto (SAL) por lo cual se sobresatura la solución. Por ello podemos utilizar diferentes métodos de separación para poder obtener Agua y cloruro de sodio por separado. En cambio, con el ejemplo de Alejandro se forma un precipitado a partir de una reacción química, utilizando dos reactivos con la posterior formación de productos.</p> <p>b) No responde</p> <p>c) No responde</p>
19	<p>a) Considero que una precipitación es un fenómeno tanto químico como físico</p> <p>b) No responde</p> <p>c) No responde</p>
20	<p>a) No responde</p> <p>b) No responde</p> <p>c) No responde</p>

**Cuadro 20:** Respuestas para la Situación A2.1, para el intervalo de estudiantes 15 al 20

Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles	
<b>Situación</b>	A 2.2
<b>Consigna</b>	A partir de las siguientes imágenes GIF:
<b>Preguntas</b>	<p>a) Explica qué comportamiento se intenta representar en cada caso</p> <p>b) ¿En qué radican las diferencias de una imagen a otra?, ¿y las similitudes?</p> <p>c) ¿Qué teorías pueden ser aplicadas para explicar comportamientos observados?, ¿Por qué?</p> <p>d) ¿Puedes proponer un ejemplo real que se asocie a cada imagen y explicar tu elección?</p>
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
1	<p>a) Se representa un comportamiento de atracción.</p> <p>b) La diferencia es en que en una imagen son diferentes elementos y en otra son los mismos que actúan entre sí. y las similitudes que en ambas imágenes se puede observar la atracción por diferencia de electronegatividad.</p> <p>c) La teoría que conozco es la de Thompson que dice: que la presencia de partículas con carga negativa a las que llamo electrones circula alrededor de los átomos que son esferas con carga +, con electrones distribuidos.</p> <p>d) El agua que se une a través de uniones puente hidrogeno, el CO<sub>3</sub></p>
2	<p>a) Se representa el compartimiento de electrones.</p> <p>b) La similitud es que en unas se comparten electrones y en otras la diferencia es que un átomo cede electrones, pero el otro pierde.</p> <p>c) La teoría que puede ser aplicada es la teoría del mar de electrones</p> <p>d) No responde</p>
3	<p>a) Im1: La unión de dos átomos y forman una molécula. Ej.: Oxígeno que respiramos. Im2: La estructura molecular de un metal o un compuesto sólido, donde todos los átomos están unidos y ordenados y al rededor hay un "mar de electrones". Ej.: <b>Agua congelada</b> Im3: Dos átomos del mismo elemento (posiblemente gases) que se unen y completan el octeto, siendo así más estables. Ej.: Cloro. Im4: Una unión iónica, extremadamente fuerte, con alto punto de fusión y ebullición gran diferencia en sus radios. Ej.: Sal de mesa. Im5: Posiblemente un complejo iónico, donde el complejo esta en solución, pero al llegar otra molécula del medio se une a este y desplaza a otra. Im6: Unión hidrógeno-hidrógeno. Completan su último nivel siendo así mucho más estables.</p> <p>b) Se diferencian en los tipos de uniones, los estados en los que se encuentran, los tamaños de los radios y sus propiedades. Pero como similitud general, todas las uniones se forman de manera tal que consigan su mayor estabilidad en el medio</p> <p>c) Se pueden aplicar la "Regla del Octeto", teoría de estado de la materia, Teoría de Werner</p> <p>d) No responde</p>
4	<p>a) La imagen 1 3 y 6 son enlaces covalentes no polares la imagen 2 es un enlace metálico (mar de electrones) la imagen 4 es un enlace iónico</p> <p>b) Las diferencias radican que, si los elementos son iguales o diferentes, si son diferentes además se debe saber su nivel de electronegatividad.</p> <p>c) Teoría de la repulsión del par de electrones en la capa de valencia, teoría del enlace de valencia y teoría de orbitales moleculares</p> <p>d) Imagen 1 3 y 6: la unión de 2 moléculas de cloro para dar cloro gaseoso ya que van a compartir los electrones de igual manera al tener la misma electronegatividad imagen 2 enlace metálico del cobre ya que de esta manera se puede explicar que el cobre sea buen conductor de la electricidad imagen 4 litio y fluor ya que tiene una gran diferencia de electronegatividades</p>

**Cuadro 21:** Respuestas para la Situación A2.2, para el intervalo de estudiantes 1 al 4

Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles	
<b>Situación</b>	A 2.2
<b>Consigna</b>	A partir de las siguientes imágenes GIF:
<b>Preguntas</b>	<p>a) Explica qué comportamiento se intenta representar en cada caso</p> <p>b) ¿En qué radican las diferencias de una imagen a otra?, ¿y las similitudes?</p> <p>c) ¿Qué teorías pueden ser aplicadas para explicar comportamientos observados?, ¿Por qué?</p> <p>d) ¿Puedes proponer un ejemplo real que se asocie a cada imagen y explicar tu elección?</p>
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
5	<p>a) IMAGEN 1: atracción de dos átomos desde el infinito y unión por medio de electrones para formar una molécula. Ejemplo: dos átomos de cloro.            IMAGEN 2: enlace metálico producido por varios átomos de un elemento metálico en donde forman una red de iones en un mar de electrones. Ejemplo: red cristalina de cobre.            IMAGEN 3: unión covalente entre dos átomos, donde ambos aportan un electrón a la unión y pueden completar el octeto, formándose una molécula divalente. Ejemplo: dos átomos de bromo.            IMAGEN 4: enlace iónico, donde un átomo de gran electroafinidad extrae un electrón de un átomo con menor electronegatividad, para que ambos completen sus octetos. Además, se forman iones o moléculas con carga. Ejemplo: <math>\text{CaCl}_2</math>            IMAGEN 5: Desplazamiento de una molécula de menor electroafinidad y electronegatividad por una que posee mayor porcentaje de estas características. Podríamos decir que es una reacción de desplazamiento o sustitución. Ejemplo: <math>2 \text{NaI} + \text{Br}_2 \rightarrow 2 \text{NaBr} + \text{I}_2</math>            IMAGEN 6: unión covalente entre dos átomos de hidrógeno, donde en vez de completar octeto completan dueto, debido a que tan solo tienen un orbital s disponible.</p> <p>b) Las diferencias están relacionadas con las distintas maneras en que los átomos se unen: Uniones iónicas, covalentes y metálicas.            Las similitudes tienen que ver con que todos los átomos buscan completar sus octetos, de distintas maneras, para poder lograr estabilidad y poder unirse con otros átomos.</p> <p>c) TEORÍA DE LA REPULSIÓN DEL PAR ELECTRÓNICO DE LA CAPA DE VALENCIA: considera que los pares de electrones de valencia se encuentran ordenados en torno al elemento central de la molécula de manera que exista una separación máxima entre ellos. TEORÍA DEL ENLACE DE VALENCIA: describe al enlace covalente como resultado de la superposición de orbitales de Valencia de dos átomos.</p> <p>d) No responde</p>
6	<p>a) IMAGEN 1: El primer GIF muestra dos átomos de (puede ser de oxígeno) fusionándose para formar una molécula (puede ser de <math>\text{O}_2</math>) en su estado cuántico fundamental. Las nubes de color representan los orbitales atómicos. Los orbitales 2s y 2p de cada átomo se combinan para formar los orbitales <math>\sigma</math> y <math>\pi</math> de la molécula, que la mantienen unida. Los orbitales 1s, más interiores, no se combinan y permiten distinguir a cada núcleo.            IMAGEN 2: El segundo GIF muestra un enlace metálico que ocurre entre dos átomos de metales. En este enlace todos los átomos envueltos pierden electrones de sus capas más externas, que se trasladan más o menos libremente entre ellos, formando una nube electrónica.            IMAGEN 3: El tercer GIF muestra un enlace covalente entre dos átomos que se produce cuando estos átomos se unen, para alcanzar el octeto estable, compartiendo electrones del último nivel. En este caso cada átomo tiene 7 electrones en su último nivel y cada uno comparte uno para completar el octeto. Esto puede ser una molécula bimolecular de halógenos, por ejemplo, <math>\text{Cl}_2</math>            IMAGEN 4: El cuarto GIF muestra el enlace de cloruro de sodio, <math>\text{NaCl}</math>. El caso clásico de enlace iónico, la molécula de cloruro de sodio se forma por la ionización de los átomos de sodio y cloro, y la atracción de los iones resultantes.            IMAGEN 5: El quinto GIF muestra una, también llamada reacción de desplazamiento simple es una reacción en la que un elemento se sustituye por otro dentro de un compuesto.            IMAGEN 6: El sexto GIF muestra un enlace covalente que consiste en el compartimiento de pares de electrones por dos átomos, dando lugar a moléculas y puede ser polar o no polar, en este caso es una molécula diatómica compuesta por dos átomos de hidrógeno.</p> <p>b) Todos los GIF muestran un enlace químico entre 2 o más átomos. La diferencia es que son enlaces diferentes es decir que ocurren entre átomos diferentes, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El primer, tercero y el sexto son enlaces covalentes (entre no metales).</li> <li>• El segundo es un enlace metálico (entre metales)</li> </ul> <p>El cuarto es un enlace iónico (entre metal y no metal)</p> <p>c) Teorema de Completar Octeto, Tipo de enlaces (<math>\sigma</math> o <math>\pi</math>), Electronegatividad</p> <p>d) Ejemplos: Imagen 1: <math>\text{O}_2</math>, Imagen 2: Fe, Imagen 3: <math>\text{Cl}_2</math>, Imagen 4: <math>\text{NaCl}</math>, Imagen 5: <math>\text{A} + \text{BC} \rightarrow \text{AB} + \text{C}</math>            Imagen 6: <math>\text{H}_2</math></p>
7	<p>a) No responde</p> <p>b) No responde</p> <p>c) No responde</p> <p>d) No responde</p>

**Cuadro 22:** Respuestas para la Situación A2.2, para el intervalo de estudiantes 5 al 7

	<b>Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles</b>
<b>Situación</b>	A 2.2
<b>Consigna</b>	A partir de las siguientes imágenes GIF:
<b>Preguntas</b>	<p>a) Explica qué comportamiento se intenta representar en cada caso</p> <p>b) ¿En qué radican las diferencias de una imagen a otra?, ¿y las similitudes?</p> <p>c) ¿Qué teorías pueden ser aplicadas para explicar comportamientos observados?, ¿Por qué?</p> <p>d) ¿Puedes proponer un ejemplo real que se asocie a cada imagen y explicar tu elección?</p>
8	<p>a) Imagen 1: La imagen intenta representar la combinación de dos núcleos de átomos o también podría representar la combinación de dos moléculas con distorsión de la nube electrónica. Imagen 2: No la entiendo bien, pero me recuerda a un enlace metálico donde los elementos centrales son iones con carga positivas y las pelotitas más pequeñas representan iones con carga negativas. Imagen 3: representa una unión iónica una combinación de electrones que forman una molécula sin necesidad de compartir los electrones. Imagen 4: al igual que el modelado anterior es una formación de un compuesto iónico, pero en este caso se representan las cargas, en el anterior se suponen los valores de las cargas, además de por tener conocimientos previos uno puede suponer como actúan los átomos. Imagen 5: esta imagen me representa una reacción orgánica que produce la combinación de un nuevo grupo de mayor afinidad que el elemento verde, puede deberse a diversos efectos como nucleofilia o electrofilia, efecto estérico para hallar mayor estabilidad, lo que sin dudas dependerá del tipo de reacción que se esté llevando a cabo. Imagen 6: una unión simple de dos átomos de hidrógenos</p> <p>b) Las diferencias radican en que son modelos diferentes, en algunos se combinan electrones y se distorsionan nubes electrónicas, o movimientos de electrones y otras como por ejemplo la molécula orgánica demuestra otro tipo de combinación que se da a partir de una reacción orgánica. Una similitud podría ser que todas las imágenes son modelos de formación de compuestos y demuestran una posible combinación de sus constituyentes.</p> <p>c) Los comportamientos pueden ser explicados de acuerdo con diversas teorías por ejemplo efectos electrostáticos para las moléculas más bien de carácter inorgánico, debido a los efectos de electronegatividad, otro como la representación de la molécula orgánica debido a nucleofilia o electrofilia o efectos estéricos.</p> <p>d) Imagen 1: dos átomos de Nitrógeno para formar N<sub>2</sub> Imagen 2: enlace metálico entre átomos de Cu Imagen 3: enlace covalente F<sub>2</sub> (Flúor) ya que según el modelo tienen 7 electrones en el último nivel ambos. Imagen 4: Enlace iónico de NaCl Imagen 5: sustitución nucleofílica entre un cloruro de metilo (haluro de alquilo) con un grupo oxhidrilo ya que trae aparejado otro átomo blanco del mismo elemento del haluro. Imagen 6: Formación de H<sub>2</sub> hidrógeno que busca su estado más estable, el de su configuración más estable que son dos electrones en el último nivel</p>
9	<p>a) En la imagen 1, 3 y 6 se muestran enlaces covalentes en el cual se representan los movimientos de los electrones y como estos se comparten entre los átomos participantes, en la imagen 2 se representan uniones metálicas mediante una red metálica, en donde, los átomos metálicos ceden sus electrones de sus capas más externas a una nube electrónica que comprende todos los átomos del metal. En la imagen 4 se representa una unión iónica entre átomos de sodio y cloro, en el cual el átomo de sodio que es menos electronegativo cede su electrón a los átomos de cloro que es más electronegativo, y en la imagen 5 se representa una reacción de sustitución nucleofílica.</p> <p>b) Las diferencias radican en la forma en que estas uniones se representan, en la forma en la cual el electrón es compartido, cedido o forma parte de una nube de electrones y sus similitudes se centran en la forma en la cual se representan sus núcleos o cationes.</p> <p>c) Podríamos tener en cuenta la regla del octeto, estructuras de Lewis, orbitales atómicos, orbitales moleculares, energías, longitud y ángulo de enlace, polaridad. Teoría del mar de electrones. Todas estas teorías, modelos y reglas nos ayudan a predecir el comportamiento de los átomos, a comprender su orientación, a proyectar el posible movimiento de electrones y así poder simular los posibles enlaces.</p> <p>d) En la imagen uno podemos proponer la unión entre dos átomos de hidrógeno debido a que esta unión es una unión covalente simple en el cual se comparten un par de electrones entre dos átomos de hidrógeno. En la imagen dos podemos proponer una red metálica de átomos de plata en el cual se establecen uniones metálicas, donde se forma una nube de electrones rodeando a todos los átomos de dicho elemento. En la imagen tres proponemos la unión covalente entre dos átomos de cloro en el cual se comparten un par de electrones de su capa externa cumpliendo, de esta forma, con la regla del octeto.</p>

**Cuadro 23:** Respuestas para la Situación A2.2, para el intervalo de estudiantes 8 al 9

	Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles
<b>Situación</b>	A 2.2
<b>Consigna</b>	A partir de las siguientes imágenes GIF:
<b>Preguntas</b>	<p>a) Explica qué comportamiento se intenta representar en cada caso</p> <p>b) ¿En qué radican las diferencias de una imagen a otra?, ¿y las similitudes?</p> <p>c) ¿Qué teorías pueden ser aplicadas para explicar comportamientos observados?, ¿Por qué?</p> <p>d) ¿Puedes proponer un ejemplo real que se asocie a cada imagen y explicar tu elección?</p>
10	<p>a) GIF 1: es la atracción de dos átomos desde el infinito y unión por medio de electrones para formar una molécula.</p> <p>GIF 2: representación de un enlace metálico que es representado por varios átomos de un elemento (metal), donde forman una red metálica de iones en un mar de electrones. GIF 3: representación de una unión covalente entre dos átomos no metálicos, donde ambos aportan un electrón a la unión y pueden completar el octeto, formándose una molécula divalente.</p> <p>GIF 4: representación de un enlace iónico, donde un átomo de gran electroafinidad (átomo no metálico) extrae un electrón de un átomo con menor electronegatividad (átomo metálico), para que ambos completen sus octetos. Además, se forman iones o moléculas con carga: Átomo no metálico: ANIÓN - Carga negativa. Átomo metálico: CATION - Carga positiva.</p> <p>GIF 5: representación de una reacción de desplazamiento de una molécula de menor afinidad electrónica y electronegatividad por una que posee mayor porcentaje de las mismas. Podríamos decir que es una reacción de desplazamiento o sustitución.</p> <p>GIF 6: representación de una unión covalente entre dos átomos de hidrógeno, donde en vez de completar octeto completan dueto, debido a que tan solo tienen un orbital "s" disponible. Se denomina como un enlace covalente simple, por el hecho de que comparten un sólo par de electrones, y además, un enlace covalente no polar debido a que al ser átomos de la misma especie (mismo elemento), las cargas de ambos se anulan y se produce dicho enlace no polar.</p> <p>b) DIFERENCIAS: Radican en los diferentes tipos de uniones que se producen: iónica, covalente y metálica. Debido a que no son los mismos tipos de átomos los que se unen en cada caso. (Por tipos hago referencia a: metálico y no metálico). SIMILITUDES: la única similitud que encuentro es que, en todos los casos, se produce unión de átomos, no importa el tipo y se enfocan en completar su último nivel de energía, ya sea: con 2 electrones – DUETO, con 8 electrones – OCTETO.</p> <p>c) Las teorías que pueden aplicarse a las uniones entre los diferentes tipos de átomos son: Teoría de la Repulsión del Par de Electrones en la Capa de Valencia (RPECV): donde se explica que, los pares de electrones alrededor del átomo central se encuentran ordenados de manera tal que existe una "separación máxima" y por lo tanto una repulsión mínima. Esto produce la mayor estabilidad de las uniones producidas entre los mismos. Teoría del Enlace de Valencia (TEV): se explica cómo se "superponen" los orbitales de valencia, donde se encuentran los electrones de valencias (electrones de la última capa). Al superponerse, tenemos una mayor visión de donde podemos encontrar los electrones en el átomo y además, se obtienen uniones SIGMA y PI. Un criterio importante de esta teoría es que los orbitales atómicos que forman parte del enlace, tengan una "superposición máxima".</p> <p>d) GIF 1: formación de una molécula de oxígeno O<sub>2</sub>.</p> <p>GIF 2: Unión entre los núcleos positivos y la nube de electrones negativa. Formación de una red cristalina del cobre: iones Cu<sup>2+</sup></p> <p>GIF 3: Enlace en el que se comparten los electrones del último nivel. Así alcanzan el octeto estable. El gas cloro: Cl<sup>-</sup> + Cl<sup>-</sup> → Cl<sub>2</sub></p> <p>GIF 4: Unión entre iones de distinto signo. Uno de los átomos capta los electrones del otro. La sal común: Na<sup>+</sup> + Cl<sup>-</sup> → NaCl.</p> <p>GIF 5: Reacción de Sustitución: CuSO<sub>4</sub> + Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> → Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + CaSO<sub>4</sub>. GIF 6: formación de una molécula de hidrógeno H<sub>2</sub>.</p>
11	<p>a) Se intenta explicar el comportamiento de los electrones dentro de los átomos. La unión que se sucede en átomos del mismo elemento y distinto elemento.</p> <p>b) En la atracción y el tipo de enlace.</p> <p>c) Teoría de bandas porque en la imagen se ve el comportamiento de los electrones en un sólido. Teoría de enlace químico. Teoría de enlace de Valencia porque los electrones de valencia funcionan para mantener unidos los núcleos</p> <p>d) Imagen 1: O<sub>2</sub> porque se ve una molécula de dos átomos iguales Imagen 2: Cu enlace metálico donde los núcleos están juntos y los electrones se mueven entre los huecos Imagen 3: F<sub>2</sub> donde se comparten electrones Imagen 4: NaCl enlace iónico Imagen 5: Mg + H<sub>2</sub>O → MgO + H<sub>2</sub> Imagen 6: H<sub>2</sub> puente de hidrógeno.</p>

**Cuadro 24:** Respuestas para la Situación A2.2, para el intervalo de estudiantes 10 al 11

Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles	
<b>Situación</b>	A 2.2
<b>Consigna</b>	A partir de las siguientes imágenes GIF:
<b>Preguntas</b>	a) Explica qué comportamiento se intenta representar en cada caso b) ¿En qué radican las diferencias de una imagen a otra?, ¿y las similitudes? c) ¿Qué teorías pueden ser aplicadas para explicar comportamientos observados?, ¿Por qué? d) ¿Puedes proponer un ejemplo real que se asocie a cada imagen y explicar tu elección?
12	a) No responde b) No responde c) No responde d) No responde
13	a) 1-Se expresa la unión de dos átomos 2- Átomos unidos y electrones moviéndose por sus orbitales 3- Dos átomos se unen y mantienen distancia entre sus núcleos ya que repelen por igualdad de cargas 4- Unión entre átomos, transferencia de electrón y cambio de estado de oxidación. 5-Unión entre moléculas, cancelación de cargas y desprendimiento de un átomo. 6- Formación de molécula de hidrógeno al compartir electrones. b) Las principales diferencias se muestran en que unas lo realizan por enlace covalente es decir comparten electrones y otro iónico es decir entrega de electrones, en todas se puede observar que mantienen una cierta distancia entre los núcleos porque repelen cargas de este. c) Teorías de enlace covalente e iónico, estructuras de Lewis entre otras por lo visto anteriormente en las uniones tanto al compartir como a la entrega y quita de electrones en los distintos casos. d) 1-Unión de dos átomos de oxígeno para formar la molécula O <sub>2</sub> . 2- Enlace metálico: Se unen átomos desprendiendo sus últimos electrones, formando una estructura, en la que el centro de cada nudo de la red estaría ocupado por los cationes metálicos. 3- Enlace covalente dos átomos de cloro por ejemplo completan el octeto al compartir si último electrón. 4- Enlace iónico: en este caso el átomo de sodio transfiere su electrón al cloro ambos quedando con 8 electrones en su última capa, también podrían ser potasio al yodo. 5-No recuerdo algún ejemplo 6-Formación de molécula de hidrógeno
14	a) Enlaces químicos. b) El tipo de enlace. Enlaces covalentes: Se comparten pares de electrones según regla de octeto. Forman moléculas. Enlaces iónicos: Se ceden y captan electrones. Se forman iones. Enlaces metálicos: Los electrones están deslocalizados, se distribuyen entre los núcleos de los átomos. Se dan en metales. Imagen 1: Enlace covalente. Formación de una molécula. Imagen 2: Enlace metálico. Imagen 3: Enlace covalente. Imagen 4: Enlace iónico. Imagen 5: Se forma un enlace covalente y se rompe otro. Es una sustitución. Imagen 6: Enlace covalente. Formación de una molécula de H <sub>2</sub> . c) La teoría de enlace químico, teoría de enlace de valencia, regla del octeto, teoría del mar de electrones. Porque explican la forma en que se dan los enlaces entre los átomos para formar los compuestos que conocemos. d) Imagen 1, 3 y 6: un ejemplo de estas imágenes puede ser la formación de moléculas diatómicas como N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , Cl <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> . También puede darse entre átomos distintos como C + O <sub>2</sub> para dar CO <sub>2</sub> , ya que muestran la formación de enlaces covalentes. Imagen 2: Por tratarse de un enlace de tipo metálico puede darse como ejemplo metales como aluminio, hierro, oro, plata. Imagen 4: Muestra un enlace de tipo iónico, como se da en, por ejemplo, la sal de mesa NaCl. Imagen 5: Por ser una sustitución podemos dar de ejemplo la cloración del metano donde se sustituyen hidrógenos del metano por cloro para dar clorometano.

**Cuadro 25:** Respuestas para la Situación A2.2, para el intervalo de estudiantes 12 al 14

Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles	
<b>Situación</b>	A 2.2
<b>Consigna</b>	A partir de las siguientes imágenes GIF:
<b>Preguntas</b>	a) Explica qué comportamiento se intenta representar en cada caso b) ¿En qué radican las diferencias de una imagen a otra?, ¿y las similitudes? c) ¿Qué teorías pueden ser aplicadas para explicar comportamientos observados?, ¿Por qué? d) ¿Puedes proponer un ejemplo real que se asocie a cada imagen y explicar tu elección?
15	a) Imagen 1: enlace covalente apolar, Imagen 2: ENLACE METÁLICO. Se unen átomos que necesitan desprenderse de sus últimos electrones, formando una estructura, en la que el centro de cada nudo de la red estaría ocupado por los cationes metálicos. Imagen 3: ENLACE COVALENTE Se establece entre átomos de elementos no metálicos (poca diferencia de electronegatividad). Imagen 4: ENLACE IÓNICO Se establece entre átomos de elementos metálicos y no metálicos (gran diferencia de electronegatividad). Imagen 5: LIBERACION DE CALOR, Imagen 6: el hidrógeno al ser un no metal forma un enlace covalente produciendo que los electrones se compartan entre los átomos b) No responde c) No responde d) No responde
16	a) *imagen 1: En esta imagen se visualiza dos átomos fusionándose para formar una molécula en su estado cuántico fundamental. Las nubes de color representan los orbitales atómicos. *imagen 2: En esta imagen se representa el enlace metálico, en el cual se unen átomos que necesitan desprenderse de sus últimos electrones, formando una estructura, en la que el centro de cada nudo de la red estaría ocupado por los cationes metálicos. Un enlace metálico es un enlace químico que mantiene unidos los **átomos** (unión entre **cationes** y los electrones de valencia) de los metales entre sí. Estos átomos se agrupan de forma muy cercana unos a otros, lo que produce estructuras muy compactas. En este enlace todos los átomos envueltos pierden electrones de sus capas mas externas, que se trasladan más o menos libremente entre ellos, formando una nube electrónica (también conocida como mar de electrones). *imagen 3: En esta imagen se puede ver la formación de un enlace covalente que se establece entre átomos de elementos no metálicos (poca diferencia de electronegatividad). Puede entenderse como consecuencia de la compartición de electrones entre átomos. Puede dar lugar a moléculas o a cristales atómicos. *imagen 4: En esta imagen se representa el enlace iónico, dicho enlace se establece entre átomos de elementos metálicos y no metálicos (gran diferencia de electronegatividad). Puede entenderse como consecuencia de la cesión permanente de electrones entre átomos y la consiguiente atracción electrostática derivada de la formación de iones. *imagen 5: En esta imagen se muestra la formación de un nuevo compuesto. *imagen 6: En esta última animación se puede visualizar la formación de una molécula de Hidrógeno a partir de la unión de dos átomos de Hidrógeno. b) En las animaciones presentadas se plantea los distintos tipos de enlaces, con ejemplos, que podemos encontrar para la formación de moléculas. c) Este tipo de representaciones puede aplicarse para explicar: electrones enlazantes, regla el octeto, estructura de Lewis, teoría de enlace, enlaces interatómicos, propiedades de las sustancias, hibridación, enlaces intermoleculares, entre otros. d) Como ejemplo de la vida cotidiana para asociar con alguna de las animaciones, propongo el análisis de una cuchara de metal para relacionar con la imagen 2. Se pueden hacer visibles las propiedades de la misma a partir del tipo de enlace que une sus átomos y moléculas.

**Cuadro 26:** Respuestas para la Situación A2.2, para el intervalo de estudiantes 15 al 16

<b>Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles</b>	
<b>Situación</b>	A 2.2
<b>Consigna</b>	A partir de las siguientes imágenes GIF:
<b>Preguntas</b>	a) Explica qué comportamiento se intenta representar en cada caso
	b) ¿En qué radican las diferencias de una imagen a otra?, ¿y las similitudes?
	c) ¿Qué teorías pueden ser aplicadas para explicar comportamientos observados?, ¿Por qué?
	d) ¿Puedes proponer un ejemplo real que se asocie a cada imagen y explicar tu elección?
17	a) No responde
	b) No responde
	c) No responde
	d) No responde
18	a) Representa las distintas uniones o enlaces químicos. También reacciones químicas.
	b) Varían dependiendo cada enlace por ejemplo la imagen 2 representa una red metálica, la imagen 4 representa una unión iónica, imagen 6 unión covalente. Son todas uniones
	c) Teoría de Lewis, regla del octeto.
	d) 1. Oxígeno, molécula diatómica. En el mismo caso que la imagen 6. 2. Olla de bronce
19	a) Se intenta representar como los átomos se enlazan para formar una molécula o compuesto con el fin de ganar estabilidad
	b) La similitud es que todas se enlazan, la diferencia es que son distintos tipos de enlaces, unos entre distintos tipos de elementos otros con el mismo elemento
	c) Regla del octeto, enlace químico covalente - iónico- metálico, diferencia de electronegatividades
	d) Formación de la molécula de cloro, formación de la sal de mesa cloruro de sodio, formación de la molécula de hidrógeno.
20	a) Imagen 1: está mostrando la unión de dos átomos iguales. Ej.: dos átomos de oxígeno Imagen 2: enlace metálico: unión entre los núcleos positivos y la nube de electrones negativos. Ej: iones Cu +2 Imagen 3: enlace covalente. Los elementos que forman el enlace comparten electrones Imagen 4: enlace iónico. Existe atracción entre iones de distinto signo, uno electropositivo y uno electronegativo. Imagen 5: muestra una reacción de sustitución. Un átomo es sustituido por otro.
	b) No responde
	c) No responde
	d) No responde

**Cuadro 27:** Respuestas para la Situación A2.2, para el intervalo de estudiantes 17 al 20

<b>Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles</b>	
<b>Situación</b>	A 2.3
<b>Consigna</b>	A partir de la siguiente imagen móvil, obsérvala detenidamente y explica:
<b>Preguntas</b>	<p>a) ¿Qué está sucediendo?</p> <p>b) ¿Qué crees que representa cada una de las partes de esta representación?</p> <p>c) ¿Agregarías algo a la animación?</p> <p>d) ¿Criticarías algo?</p>
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
1	<p>a) Sucede que hay fuerzas de atracción</p> <p>b) Lo que representan son: las bolitas blancas pueden ser los electrones y las celestes son átomos.</p> <p>c) Le agregaría algunas bolitas que representen a los protones y neutrones.</p> <p>d) Criticaría que tendría que haber mayor definición de las partes de la estructura atómica</p>
2	<p>a) Creo que lo que sucede es la unión de dos átomos.</p> <p>b) Cada parte representa un átomo.</p> <p>c) No agregaría nada</p> <p>d) No</p>
3	<p>a) En mi criterio es una unión de dos moléculas atraídas por las diferencias de cargas, también llamado "Dipolo transitorio"</p> <p>b) donde dos moléculas con las cargas (electrones) distorsionadas se unen momentáneamente al estar cerca pero luego se separan</p> <p>c) La animación es clara para una sencilla interpretación</p> <p>d) No responde</p>
4	<p>a) Es un enlace y por la forma de las moléculas podría ser un enlace puente hidrógeno</p> <p>b) Son dos moléculas iguales</p> <p>c) Podría agregarse las densidades de carga al momento de esa unión</p> <p>d) No Las diferencias radican que si los elementos son iguales o diferentes, si son diferentes además se debe saber su nivel de electronegatividad.</p>
5	<p>a) Lo que sucede en la imagen es que se está produciendo un enlace puente de hidrógeno entre dos moléculas de agua. Esta unión es la más fuerte de todas las uniones.</p> <p>b) Las bolas celestes y de mayor tamaño representan átomos de oxígeno, y las bolas blancas y de menor tamaño, representan átomos de hidrógeno. La línea que une ambas moléculas es la unión puente de hidrógeno establecido.</p> <p>c) No, no agregaría nada de la animación.</p> <p>d) No criticaría nada</p>
4	<p>a) Es un enlace y por la forma de las moléculas podría ser un enlace puente hidrogeno</p> <p>b) Son dos moléculas iguales</p> <p>c) Podría agregarse las densidades de carga al momento de esa unión</p> <p>d) No Las diferencias radican que si los elementos son iguales o diferentes, si son diferentes además se debe saber su nivel de electronegatividad.</p>
5	<p>a) Lo que sucede en la imagen es que se está produciendo un enlace puente de hidrógeno entre dos moléculas de agua. Esta unión es la más fuerte de todas las uniones.</p> <p>b) Las bolas celestes y de mayor tamaño representan átomos de oxígeno, y las bolas blancas y de menor tamaño, representan átomos de hidrógeno. La línea que une ambas moléculas es la unión puente de hidrógeno establecido.</p> <p>c) No, no agregaría nada de la animación.</p> <p>d) No criticaría nada</p>
6	<p>a) En el estado líquido las moléculas, muy próximas entre sí, entran en contacto y conservan una cierta atracción con sus vecinas, y de ahí que cuando trasvasamos un líquido de un recipiente a otro, éste mantiene su volumen. Sin embargo, en parte debido a la agitación térmica, dicha unión no es lo suficientemente estable como para mantener rígido el volumen del líquido. En el agua líquida los enlaces de hidrógeno se están formando y deshaciendo continuamente. Se atraen mediante interacciones de tipo dipolo-dipolo, denominadas enlaces de hidrógeno. Debido a la agitación térmica, estas interacciones son poco estables. En el agua líquida los enlaces de hidrógeno se están formando y deshaciendo continuamente</p> <p>b) Parte Azul: Moléculas de oxígeno Parte blanco: Moléculas de hidrógeno Palitos: Enlaces covalentes y puente de hidrógeno</p> <p>c) Creo que está bien, ya que muestra bien los enlaces y también la geometría de la molécula</p> <p>d) No</p>

**Cuadro 28:** Respuestas para la Situación A2.3, para el intervalo de estudiantes 1 al 6

	<b>Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles</b>
<b>Situación</b>	A 2.3
<b>Consigna</b>	A partir de la siguiente imagen móvil, obsérvala detenidamente y explica:
<b>Preguntas</b>	a) ¿Qué está sucediendo? b) ¿Qué crees que representa cada una de las partes de esta representación? c) ¿Agregarías algo a la animación? d) ¿Criticarías algo?
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
7	a) No responde b) No responde c) No responde d) No responde
8	a) Dos moléculas se acercan para combinarse, ambas son iguales a primera impresión b) Ambas moléculas están formadas por átomos centrales unidos ambos a los mismos elementos secundarios c) Agregaría una ejemplificación y daría las condiciones en las que se lleva a cabo la combinación el modelo solo, por simple deducción no me dice nada, se ve una posible polarización pero nada más. d) Además de lo expuesto en el punto c. me parece que un modelo sin una explicación y por simple deducción no dice nada más que un posible movimiento y posterior combinación de moléculas que no se sabe si e produce porque el GIF acorta el proceso, por ende tampoco se alcanza a saber si se han combinado
9	a) Lo que se muestra en esa animación es la presencia de un puente Hidrógeno, es decir, se muestra la formación de un puente Hidrógeno. b) Lo que se puede observar de la animación son, posiblemente, dos moléculas de agua en la cual se produce entre ellas una unión puente de Hidrógeno. Por lo tanto, las partes que se ven son un átomo de oxígeno unido covalentemente a dos átomos de hidrógeno los cuales se unen mediante una interacción de puente hidrógeno a otra molécula de agua de la misma composición. c) Se podrían mostrar más moléculas de agua para poder observar más uniones de puente hidrógeno y así poder observar cómo es su arreglo espacial. También, y en mi mirada particular, cambiaría la forma de representar el tipo de enlace covalente y, también, de esta forma poder representar de forma distinta el puente hidrógeno. d) Aunque es evidente, a primera vista puede que no se sepa interpretar la interacción puente de hidrógeno, entonces trataría de representarlo de forma diferente.
10	a) Lo que sucede en el GIF mostrado, es que se está produciendo un enlace puente de hidrógeno entre dos moléculas de agua. Esta unión es la más fuerte de todas las uniones. b) Lo que representa cada una de las partes de este GIF, es una molécula de agua, atrayéndose el oxígeno de una, con el hidrógeno de otra. Las esferas celestes representan las moléculas de oxígeno y las esferas blancas representan las moléculas de hidrógeno La línea representa la unión entre ambas moléculas y el enlace puente de hidrógeno. c) No agregaría, ni criticaría nada. Me parece una buena representación. d) No agregaría, ni criticaría nada. Me parece una buena representación.
11	a) Dos átomos se unen b) La esfera celeste representa el átomo y la esfera pequeña blanca al electrón. Y el palito la unión que se produce. c) No d) No
12	a) No responde b) No responde c) No responde d) No responde
13	a) Por lo que recuerdo podrían ser 2 moléculas de H <sub>2</sub> O, unidas mediante enlace puente de hidrógeno. Es decir, interacción dipolo-dipolo entre el átomo de hidrógeno de un enlace polar, como el O-H y un átomo electronegativo como O. b) Las esferas celestes representa un átomo electronegativo (Oxígeno) y las blancas átomos de Hidrógeno, formando así moléculas de agua. c) Le agregaría una zona donde se viera el movimiento de electrones. d) Tal vez le criticaría la forma en que se representa la interacción con una línea.
14	a) La formación de un enlace intermolecular de tipo puente de hidrógeno. b) Cada molécula es una molécula de agua, las esferas blancas simbolizan átomos de hidrógeno y los celestes átomos de oxígeno unidas por enlaces covalentes. Entre un átomo de oxígeno de una molécula y uno de hidrógeno de otra se forma un enlace temporal que se conoce como enlace puente de hidrógeno. c) Agregaría más moléculas de agua para mostrar cómo se unen entre sí. d) No.

**Cuadro 29:** Respuestas para la Situación A2.3, para el intervalo de estudiantes 7 al 14

Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles	
<b>Situación</b>	A 2.3
<b>Consigna</b>	A partir de la siguiente imagen móvil, obsérvala detenidamente y explica:
<b>Preguntas</b>	a) ¿Qué está sucediendo? b) ¿Qué crees que representa cada una de las partes de esta representación? c) ¿Agregarías algo a la animación? d) ¿Criticarías algo?
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
15	a) Moléculas de agua en estado líquido. b) Se atraen mediante interacciones de tipo dipolo-dipolo, denominadas enlaces de hidrógeno. Debido a la agitación térmica, estas interacciones son poco estables d) No responde e) No responde
16	a) En esta animación se puede observar la interacción entre dos moléculas de agua (las esferas celestes representan a los átomos de Oxígeno y las blancas a los átomos de Hidrógeno) a través de unión puente de Hidrógeno. b) No es un enlace propiamente dicho, sino que es la atracción experimentada por un átomo de Hidrógeno con un átomo muy electronegativo como el Flúor, Nitrógeno u Oxígeno que están formando parte de distintos enlaces covalentes polares. c) En la animación agregaría mayor interacción para que no se mal interprete que es solo esa única (unidad) la interacción entre moléculas de agua, o que solo puede hacerlo un solo átomo de cada molécula. d) No responde
17	c) No responde b) No responde c) No responde d) No responde
18	a) Unión intermolecular. Son dos moléculas que se están enlazando. b) En mi parecer son dos moléculas de agua c) Falta especificar la unión puente hidrógeno. Fundamental ya que se justifican muchas propiedades del agua gracias a esta fuerza intermolecular. d) No responde
19	a) Está sucediendo un enlace de puente de hidrógeno. b) Cada una de las partes representa una molécula de agua c) Le agregaría a la imagen el nombre de cada átomo con su símbolo y las densidades de carga positivas y negativas d) No responde
20	a) La imagen móvil está representando la interacción entre dos moléculas, entre las cuales se está formando puente de hidrógeno. b) Cada parte está representando una molécula de agua, en el centro estaría el átomo de oxígeno y en sus extremos los hidrógenos. c) No responde d) No responde

**Cuadro 30:** Respuestas para la Situación A2.3, para el intervalo de estudiantes 15 al 20

<b>Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles</b>	
<b>Situación</b>	A 2.4
<b>Consigna</b>	La siguiente imagen representa las estructuras de dos materiales distintos
<b>Preguntas</b>	a) ¿Podrías explicar qué fenómeno se está representando y lo que sucede en cada caso? b) Observa las siguientes imágenes e identifica qué estructura correspondería al material del primer caso, y cuál al del segundo. Argumenta por qué.
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
1	a) No responde b) No responde
2	a) La imagen uno representa un objeto de estructura amorfa, la energía de los fotones queda atrapada dentro y la segunda representa un objeto de estructura cristalina los fotones atraviesan el objeto y la luz sale con la misma fuerza que llegó. b) Primer caso: imagen 5 2 4 átomos ordenados de forma irregular Segundo caso : imagen 1 7 8 3 6 átomos formados de forma regular
3	a) Es una explicación animada de como la luz atraviesa un objeto cristalino a partir del ordenamiento de los átomos, generando así una continuidad en el flujo de energía. Mientras que el objeto NO cristalino tiene sus átomos en completo desorden y relacionados entre sí, generando que la luz no pueda tener un flujo continuo (si no que rebota o simplemente no atraviesa el objeto). b) No responde
4	a) Es el paso de la luz por dos objetos diferentes el primero es un cuerpo opaco que al tener sus átomos desordenados no permite el paso de la luz (fotones). La segunda imagen los átomos del material están ordenados permitiendo el paso de los fotones. b) imagen 1,3,6 y 7 cristalina ya que son imágenes donde se ve que los átomos están distribuidos de igual manera imagen 2, 4,5 y 8 opaca ya q son soluciones que no se sabe cómo se pueden comportar sus átomos al paso de la luz o son átomos distribuidos irregularmente
5	a) La principal diferencia entre un sólido cristalino y un sólido amorfo es su estructura. En un sólido cristalino existe un orden de los átomos a largo alcance, mientras que en los sólidos amorfos no se puede predecir donde se encontrará el próximo átomo. En este hecho se basan los diferentes métodos de diferenciación entre ambos tipos de sólido, que en algunos casos no es fácil de establecer a simple vista. Dichos métodos de diferenciación incluyen: DIFRACCIÓN: La difracción consiste en enviar un haz de radiación sobre el sólido y tomar medidas a diferentes ángulos en un amplio rango angular, con el objetivo de deducir la disposición de los átomos en el sólido objeto de estudio. CALORIMETRÍA: La calorimetría consiste en medir la cantidad de calor captado o cedido por el sólido estudiado en el momento de solidificación. En un sólido amorfo, la disposición irregular de sus átomos hace que posea una alta entropía (alto desorden) con respecto al sólido cristalino, que está favorablemente ordenado. b) OBJETOS CRISTALINOS: Imágenes 1, 3 y 6. OBJETOS NO CRISTALINOS: Imágenes 2, 4, 5 y 7.
6	a) Objeto sólido de estructura no cristalino: La luz adopta trayectorias sinuosas debido a la disposición irregular de los átomos del material. La energía de los fotones queda atrapada dentro del sólido, estos objetos son opacos y absorben calor del sol. Objeto sólido cristalino: La luz se transmite adoptando trayectorias rectas, trazando un recorrido en línea recta. La luz sale por el extremo opuesto con la misma frecuencia con la que llegó. Son transparentes. Los objetos traslúcidos permiten que parte de la luz atraviese su superficie, pero después de haber realizado un recorrido no lineal dentro del material (es decir, desviándose un poco). De esta forma, la luz pierde parte de su energía y además, no hace un recorrido exactamente recto como en los materiales transparentes. Por eso, aunque la luz pueda atravesar dicho material, no se pueden distinguir las formas con precisión. b) 1. CRISTALINO 2. NO CRISTALINO 3. CRISTALINO 4. NO CRISTALINO 5. NO CRISTALINO 6. CRISTALINO 7. NO CRISTALINO 8. CRISTALINO

**Cuadro 31:** Respuestas para la Situación A2.4, para el intervalo de estudiantes 1 al 6

	<b>Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles</b>
<b>Situación</b>	A 2.4
<b>Consigna</b>	La siguiente imagen representa las estructuras de dos materiales distintos
<b>Preguntas</b>	a) ¿Podrías explicar qué fenómeno se está representando y lo que sucede en cada caso? c) Observa las siguientes imágenes e identifica qué estructura correspondería al material del primer caso, y cuál al del segundo. Argumenta por qué.
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
7	a) No responde b) No responde
8	a) En el no cristalino las moléculas están orientadas en forma irregular por lo que la luz (energía) choca en diferentes zonas y su trayectoria se ve modificada lo que no sucede en el cristalino que los átomos están alineados y la luz toma un camino recto perdiendo menos energía que en el anterior.
9	a) Se representa la incidencia de algún tipo de energía, como puede llegar a ser luz, en la cual va a actuar con dos tipos distintos de objetos y por consiguiente su paso se ve afectado de forma distinta en cada uno. En el caso del primero sabemos que es un objeto no cristalino y esto va a llevar a que el recorrido de la luz sea más dificultoso debido a la disposición irregular de los átomos del material, y resultado es que esta energía quede atrapada dentro del objeto. Mientras que en el caso del segundo estamos hablando de un objeto cristalino, en el cual sus átomos están ordenados de forma regular, entonces la incidencia de los rayos va a tomar trayectorias rectas y paralelas y la luz puede salir por el otro extremo del objeto. b) En la imagen uno podemos observar que es un objeto cristalino por la ubicación espacial de sus partes. En la imagen dos se muestra una solución saturada de sal de mesa la cual es un sólido cristalino, este tiene forma regular y permiten el paso de luz. En la imagen tres se observa un sólido de forma muy irregular y opaco por lo cual podríamos inferir que es un sólido no cristalino. Tanto en la imagen cuatro como cinco estamos observando soluciones acuosas, en la cual su soluto se encuentra disuelto. En la imagen seis observamos un cubo de hielo es cual es un sólido cristalino, el hielo posee un ordenamiento regular, sus átomos presentan un orden fijo y ordenado. La imagen siete muestra un sólido el cual esta polarizado, sus cargas negativas se encuentran hacia el centro del objeto mientras que las positivas hacia el exterior, aun así, mantienen un orden regular asumiendo que puede llegar a ser un sólido cristalino. La imagen 8 muestra un sólido cristalino, porque sus distintos átomos se encuentran en una ubicación ordenada y regular.
10	a) El fenómeno que se está representando, desde mi punto de vista, es la diferencia en el flujo de energía que se presenta en un sólido amorfo (o no cristalino) y un sólido cristalino. Donde lo que sucede en cada caso y podemos diferenciar es que: En un sólido cristalino existe un ordenamiento de los átomos a largo alcance, mientras que en los sólidos amorfos no se puede predecir donde se encontrará el próximo átomo. Por lo tanto, se utilizan métodos para diferenciar entre cada uno: La difracción consiste en enviar un haz de luz sobre los sólidos y tomar medidas a diferentes ángulos ampliamente, con el objetivo de deducir la disposición de los átomos en el sólido. La calorimetría consiste en medir la cantidad de calor captado o cedido por el sólido estudiado en el momento de solidificación. En un sólido amorfo, la disposición irregular de sus átomos hace que posea una alta entropía (alto desorden) con respecto al sólido cristalino, que está en perfecto orden. b) Primer caso - Sólido amorfo: imagen 2, 4, 5, 7, 8. Segundo caso - Sólido cristalino: imagen 1, 3, 6
11	a) Lo que se observa es el comportamiento de la materia al ser sometida a fotones de luz. El primer objeto es una estructura amorfa donde los átomos se encuentran ordenados de forma irregular y la luz adopta una trayectoria sinuosa. El segundo objeto es cristalino y permite que la luz se transmita en línea recta y con la misma intensidad debido al ordenamiento y disposición de los átomos. b) La imagen 1,3 y 6 corresponden a objetos cristalinos ya que forman pequeños cristales. La imagen 2,4,5y 8 son objetos no cristalinos ya que son disoluciones
12	a) No responde b) No responde
13	a) <b>OBJETO NO CRISTALINO:</b> Se puede observar átomos ordenados de forma irregular, por lo que la luz toma trayectorias dependiendo de la disposición de los átomos. La energía lumínica es atrapada dentro del material, resultando un material opaco. <b>OBJETO CRISTALINO:</b> Los átomos están ordenados de cierta forma regular, lo que permite a la luz tomar trayectorias rectas, la energía lumínica no se pierde y sale por el otro extremo.

**Cuadro 32:** Respuestas para la Situación A2.4, para el intervalo de estudiantes 7al 13

	<b>Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles</b>
<b>Situación</b>	A 2.4
<b>Consigna</b>	La siguiente imagen representa las estructuras de dos materiales distintos
<b>Preguntas</b>	a) ¿Podrías explicar qué fenómeno se está representando y lo qué sucede en cada caso? b) Observa las siguientes imágenes e identifica qué estructura correspondería al material del primer caso, y cuál al del segundo. Argumenta por qué.
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
14	<p>a) Se representa el comportamiento de los objetos opacos y el de los objetos cristalinos con la luz. En el primer caso no hay una estructura ordenada de los átomos por lo que la luz rebota y no logra salir del material, lo que lo hace un objeto opaco. En el segundo caso, los átomos se encuentran ordenados de forma regular por lo que la luz puede atravesar el cuerpo sin desviarse y el objeto es transparente.</p> <p>b) 1) Segundo caso. Estructura organizada. 2) Primer caso. No hay un arreglo regular de los átomos. 3) Es un sólido cristalizado pertenece al segundo caso. 4) Hay disposición regular de átomos, es del segundo tipo. 5) Si la solución es homogénea, la disposición de átomos es regular, por lo que es del segundo tipo. 6) Hielo, cuenta con estructura cristalina organizada, por lo que es del segundo tipo. 7) No hay un orden regular de las moléculas, por lo que es del primer tipo.</p>
15	<p>a) El Fenómeno Tyndall es el fenómeno físico que causa que las partículas coloidales en una disolución o un gas sean visibles al dispersar la luz. Por el contrario, las disoluciones verdaderas y los gases sin partículas en suspensión son transparentes, pues prácticamente no dispersan la luz. Esta diferencia permite distinguir entre mezclas heterogéneas y mezclas homogéneas. Lo que sucede es que los fotones se transmiten de un átomo al átomo más cercano, por lo que una estructura ordenada y regular, como la del vidrio, permite que la dirección de la luz incidente mantenga una trayectoria recta. De esta forma, la luz simula atravesar un espacio casi vacío, sin desviaciones ni cambios de dirección en su trayectoria. Por su parte, en los objetos no cristalinos un material formado por átomos desordenados obliga a la luz a recorrer caminos sinuosos y caóticos, por lo que los rayos no consiguen seguir una trayectoria limpia. Los objetos con estructuras cristalinas suelen presentar mejores propiedades de transparencia que los materiales no cristalinos.</p> <p>b) Correspondientes al primer caso por su estructura amorfa lo que hace que la luz se refleje entre las partículas; Imagen 3, 5, 8. correspondientes al segundo caso por su estructura ordenada pudiendo dispersar la luz: Imagen 1, 2, 4, 6, 7</p>
16	<p>a) En la imagen presentada se muestra que algunos objetos son transparentes y otros opacos y como interactúa la luz con los materiales sobre los que incide. Cada material, tipo de átomo o molécula, tiene su propia frecuencia de vibración. Esto significa que cuando una onda de determinada frecuencia incide sobre ellos, todos sus átomos pueden vibrar al unísono siempre que la onda y el material coincidan en dicha frecuencia. Entonces se puede producir un fenómeno de resonancia, esto es, que, si la frecuencia de la luz coincide con la frecuencia del material, las vibraciones de los átomos se amplifican alimentándose mutuamente, de forma que todo el objeto vibra con mucha energía. Cuando esto sucede, la energía de los fotones se convierte en energía cinética dentro del material, y éste se calienta mucho. o sea, dicho con palabras poco ortodoxas, la luz se queda dentro del objeto. Sin embargo, si las frecuencias de la luz y del material no coinciden, los átomos vibran también, pero con menos intensidad, por lo que la energía del fotón no se transforma en energía cinética, quedando casi intacto. Cuando estos fotones no pierden energía, son capaces de atravesar intactos partes del material. Los diferentes colores de la luz que incide sobre un cristal atraviesan el material manteniendo su misma frecuencia, por lo que los colores que salen son iguales a los que entraron por el extremo contrario, sin apenas pérdidas. Esto se debe, como ya hemos dicho antes, a que los fotones de la luz visible no tienen la suficiente energía como para generar una resonancia en el material, y su energía no se pierde calentando los átomos. De esta forma, sucede que la luz que incide sobre un material transparente y plano atraviesa el material átomo a átomo y sale por el extremo opuesto con idéntica frecuencia y longitud de onda que antes de llegar a él. Los materiales transparentes emiten fotones de idéntica frecuencia a los que absorben y además, cuando el cristal tiene sus caras paralelas, pero perpendiculares a la luz incidente, los rayos lo atraviesan sin cambios de dirección. (objeto cristalino). Cuando el material sobre el que incide la luz vibra en total armonía con las ondas de la luz visible (resonancia), se vuelve opaco a ésta. En este caso, estos materiales no transparentes, absorben los fotones en el interior de sus orbitales electrónicos de forma caótica, dispersándose por todos los átomos, que se ven obligados a vibrar. De esta forma, la energía de dichos fotones se convierte en calor en el interior de los átomos, y como resultado, los fotones no salen despedidos por el extremo opuesto del material. (objeto no cristalino). En conclusión: Objeto no cristalino: Átomos ordenados de forma irregular. La luz adopta trayectorias sinuosas debido a la disposición irregular de los átomos del material. La energía de los fotones queda atrapada dentro del material, sin posibilidad de salir, el objeto resulta opaco y su interior se calienta. Objeto cristalino: Átomos ordenados de forma regular. La luz se transmite adoptando trayectorias rectas y paralelas, trazando un recorrido en línea recta. Los fotones apenas pierden energía y la luz sale por el extremo opuesto con la misma frecuencia con la que llegó. El objeto resulta transparente.</p> <p>b) La disposición de los átomos y moléculas dentro del material, también tiene su importancia. Los fotones se transmiten de un átomo al átomo más cercano, por lo que una estructura ordenada y regular, como la del vidrio, permite que la dirección de la luz incidente mantenga una trayectoria recta. De esta forma, la luz simula atravesar un espacio casi vacío, sin desviaciones ni cambios de dirección en su trayectoria. Por su parte, un material formado por átomos desordenados obliga a la luz a recorrer caminos sinuosos y caóticos, por lo que los rayos no consiguen seguir una trayectoria limpia. Los objetos con estructuras cristalinas suelen presentar mejores propiedades de transparencia que los materiales no cristalinos. Material no cristalino: imagen 8- Átomos ordenados de forma irregular. Material cristalino: imagen 1 -Átomos ordenados de forma regular</p>

**Cuadro 32:** Respuestas para la Situación A2.4, para el intervalo de estudiantes 8 al 16

<b>Situaciones que presentan representaciones pictóricas móviles</b>	
<b>Situación</b>	A 2.4
<b>Consigna</b>	La siguiente imagen representa las estructuras de dos materiales distintos
<b>Preguntas</b>	a) ¿Podrías explicar qué fenómeno se está representando y lo qué sucede en cada caso? b) Observa las siguientes imágenes e identifica qué estructura correspondería al material del primer caso, y cuál al del segundo. Argumenta por qué.
<b>N° Alumno</b>	Respuesta Original
17	a) No responde b) No responde
18	a) El amorfo presenta la disposición de sus átomos de manera desordenada. En los sólidos cristalinos los átomos se encuentran ordenados (formas geométricas). Mis conocimientos son esos. b) Lo que sé es que los sólidos amorfos son el plástico, el vidrio, etc. En cambio, los sólidos cristalinos cloruro de sodio, el diamante, el cuarzo.
19	a) El fenómeno que se muestra es el ordenamiento molecular de los cristales, cuando un objeto es cristalino el nivel de empaquetamiento es mayor y hay más ordenamiento de los átomos. b) La imagen 1, 3 y 6 corresponden a objetos cristalinos. El resto a objeto no cristalino. En las otras imágenes se muestran disoluciones sin formación de cristal.
20	a) En el objeto no cristalino debido a su estructura interna, dónde los átomos de encuentran desordenados, al incidir la luz sobre el objeto En el objeto no cristalino debido a su estructura interna, dónde los átomos de encuentran desordenados, al incidir la luz sobre el objeto está quedando atrapada dentro de dicha estructura. En el segundo objeto la estructura es ordenada y la luz pasa de largo sobre el objeto está quedando atrapada dentro de dicha estructura. En el segundo objeto la estructura es ordenada y la luz pasa de largo sobre el objeto b) No responde

**Cuadro 33:** Respuestas para la Situación A2.4, para el intervalo de estudiantes 9 al 20

**ANEXO 2**
**Tabla de codificaciones según categorías correspondientes a situaciones con y sin representaciones pictóricas móviles.**

	N° Alumno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Cat. SRP</b>	Categorías																				
Actividad 1.a	<b>A1.a.M1</b>	B	C	B	D	B	B	B	C	A	B	B	C	B	C	C	D	A	C	C	C
	<b>A1.a.M2</b>	A	B	B	B	B	B	B	A	B	B	B	B	B	A	B	B	A	B	C	A
	<b>A1.a.M3</b>	B	B	B	A	B	A	B	B	A	B	B	B	B	A	B	C	A	B	B	A
	<b>A1.a.M4</b>	A	C	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	<b>A1.a.M5</b>	A	E	C	D	B	B	C	B	A	C	D	C	C	A	D	C	C	D	E	C
Actividad 1.b	<b>A1.b.M1</b>	B	C	B	C	D	B	A	C	C	B	C	B	B	D	A	C	D	A	C	D
	<b>A1.b.M2</b>	B	B	A	A	C	A	A	B	B	B	B	B	B	C	A	B	C	A	C	C
	<b>A1.b.M3</b>	B	B	A	A	C	A	A	B	B	B	B	B	B	C	A	B	C	A	B	C
	<b>A1.b.M4</b>	C	B	B	C	C	B	C	B	C	B	C	C	C	C	C	C	C	A	B	C
	<b>A1.b.M5</b>	C	D	D	D	E	D	A	D	D	C	B	C	D	E	A	D	C	A	D	E
Actividad 1.2.a	<b>A1.2.a.M1</b>	D	C	B	C	B	C	C	C	B	B	C	D	D	C	A	C	A	C	B	C
	<b>A1.2.a.M2</b>	B	B	A	A	B	B	B	A	A	B	B	B	C	A	C	B	C	B	A	B
	<b>A1.2.a.M3</b>	C	B	B	A	B	B	B	A	A	B	B	B	C	B	B	B	B	B	B	B
	<b>A1.2.a.M4</b>	C	C	B	C	C	C	C	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	C
	<b>A1.2.a.M5</b>	D	D	B	D	B	D	C	A	B	D	D	C	E	C	C	D	A	D	B	D
Actividad 1.2.b	<b>A1.2.b.M1</b>	D	B	C	C	B	D	D	C	C	B	C	D	B	C	A	C	B	D	D	B
	<b>A1.2.b.M2</b>	C	A	A	A	B	B	C	A	B	B	B	B	B	A	C	B	A	B	C	B
	<b>A1.2.b.M3</b>	C	A	B	A	B	C	C	A	B	B	B	B	B	A	A	B	B	B	C	B
	<b>A1.2.b.M4</b>	C	C	B	C	C	C	C	A	C	C	C	C	C	C	C	B	C	C	C	C
	<b>A1.2.b.M5</b>	E	D	D	B	B	D	E	C	D	D	D	C	C	C	C	D	D	D	C	D
Actividad 1.2.c	<b>A1.2.c.M1</b>	D	C	B	D	A	D	A	D	A	B	D	D	B	B	C	A	C	C	D	B
	<b>A1.2.c.M2</b>	B	A	A	C	A	B	A	C	B	B	C	C	A	A	A	A	C	B	C	A
	<b>A1.2.c.M3</b>	A	A	A	C	A	C	A	C	B	B	C	C	A	A	B	A	B	A	C	B
	<b>A1.2.c.M4</b>	B	B	C	C	A	C	C	C	C	C	C	C	A	A	C	A	C	C	C	A
	<b>A1.2.c.M5</b>	D	D	B	E	A	D	A	E	D	D	E	E	A	A	B	A	D	D	D	A
Actividad 1.3.a	<b>A1.3.a.M1</b>	D	C	B	B	C	D	B	B	C	C	C	C	B	C	D	A	C	C	D	D
	<b>A1.3.a.M2</b>	C	B	B	B	A	B	C	A	B	C	B	B	B	A	C	A	B	A	C	C
	<b>A1.3.a.M3</b>	C	A	B	B	A	C	B	A	A	B	B	B	A	A	C	A	A	A	C	C
	<b>A1.3.a.M4</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C
	<b>A1.3.a.M5</b>	E	B	B	B	E	D	E	A	C	E	C	C	C	C	E	A	C	C	E	E
Actividad 1.3.b	<b>A1.3.b.M1</b>	C	D	B	C	A	B	B	C	C	D	A	B	C	C	C	A	D	C	D	D
	<b>A1.3.b.M2</b>	C	C	B	C	A	B	C	B	B	C	A	A	A	A	A	A	C	C	B	B
	<b>A1.3.b.M3</b>	C	C	A	B	A	A	C	A	B	C	A	B	A	A	B	A	C	B	C	C
	<b>A1.3.b.M4</b>	C	C	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C
	<b>A1.3.b.M5</b>	D	E	B	E	D	C	E	B	C	E	D	C	B	D	C	A	E	D	E	E
Actividad 1.4.a	<b>A1.4.a.M1</b>	D	B	C	C	B	B	B	C	A	C	C	B	C	A	C	C	B	C	A	B
	<b>A1.4.a.M2</b>	C	A	B	B	A	B	A	B	B	B	B	B	B	A	B	A	A	A	A	A
	<b>A1.4.a.M3</b>	C	A	B	B	B	B	A	A	A	B	B	B	B	A	C	B	A	B	A	B
	<b>A1.4.a.M4</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	C	C
	<b>A1.4.a.M5</b>	E	A	E	B	D	D	A	B	A	B	C	E	E	A	C	C	A	D	A	A

Actividad1.4.a	A1.4.aM1	D	B	C	C	B	B	B	C	A	C	C	B	C	A	C	C	B	C	A	B
	A1.4.aM2	C	A	B	B	A	B	A	B	B	B	B	B	B	A	B	A	A	A	A	A
	A1.4.aM3	C	A	B	B	B	B	A	A	A	B	B	B	B	A	C	B	A	B	A	B
	A1.4.aM4	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	B	C	C
	A1.4.aM5	E	A	E	B	D	D	A	B	A	B	C	E	E	A	C	C	A	D	A	A
Actividad1.4.b	A1.4.bM 1	C	B	B	B	D	C	C	B	B	C	D	C	D	A	A	D	C	C	D	A
	A1.4.bM2	B	B	C	A	C	C	B	B	B	C	C	B	C	C	C	C	B	B	C	C
	A1.4.bM 3	B	B	B	A	C	B	B	B	B	B	C	B	C	B	B	C	B	A	C	B
	A1.4.bM4	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	A1.4.bM 5	D	B	C	B	E	D	D	C	D	C	E	E	E	C	E	E	D	C	E	C
Actividad1.5.a	A1.5.aM1	D	C	C	B	C	B	B	C	C	A	A	B	B	A	A	A	C	C	A	D
	A1.5.aM2	B	B	B	B	B	B	B	C	B	B	B	B	B	A	A	B	B	B	B	C
	A1.5.aM3	B	A	A	A	B	A	B	B	B	A	B	B	A	B	A	A	B	B	A	C
	A1.5.aM4	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	A1.5.aM5	D	D	C	A	D	C	D	C	C	A	C	C	C	A	A	C	C	C	C	E
Actividad 1.5.b	A1.5.bM 1	B	C	B	C	C	B	D	C	C	A	B	C	B	C	A	A	C	C	A	C
	A1.5.bM2	B	B	B	B	B	B	C	B	B	A	B	B	B	B	A	A	B	B	B	B
	A1.5.bM 3	A	B	A	B	B	A	C	B	B	A	B	B	B	B	A	A	B	B	A	B
	A1.5.bM4	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	A1.5.bM 5	C	C	C	C	D	C	E	C	D	A	A	C	C	E	C	C	C	D	C	E
Actividad1.5.c	A1.5.cM1	B	D	B	C	D	B	D	C	B	A	C	B	B	C	C	A	C	C	D	D
	A1.5.cM2	A	A	B	B	C	B	C	B	B	A	B	B	B	B	A	B	B	B	C	C
	A1.5.cM3	A	B	A	B	C	A	C	B	B	A	B	B	B	C	B	A	B	B	C	C
	A1.5.cM4	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	A1.5.cM5	D	D	C	C	E	C	E	C	D	A	D	C	C	D	C	C	C	C	E	E
<b>Cat. CRP</b>	Categorías																				
ActividadA1.6.a	A1.6.aM6	B	B	A	B	A	A	A	A	B	A	B	A	B	B	A	A	A	A	B	B
	A1.6.aM7	C	C	A	C	B	B	B	B	B	B	D	A	C	A	A	A	C	B	C	C
	A1.6.aM8	B	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	C
	A1.6.aM9	C	B	A	B	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	B	B

	<b>A1.6.aM 10</b>	C	C	C	C	A	A	A	C	C	C	B	C	B	C	C	A	C	C	C	C
	<b>A1.6.aM 11</b>	C	D	C	C	A	A	A	C	C	A	D	C	D	E	C	A	C	B	D	D
Actividad A1.6.b	<b>A1.6.bM 6</b>	B	A	A	B	A	A	A	B	B	A	B	A	B	C	A	A	A	A	B	B
	<b>A1.6.bM7</b>	C	C	A	C	B	B	B	C	C	B	C	C	C	B	B	A	C	B	C	C
	<b>A1.6.bM 8</b>	B	A	C	C	A	A	A	B	B	A	B	B	B	C	C	A	C	A	B	C
	<b>A1.6.bM 9</b>	B	A	A	B	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	A	B	B	B	B
	<b>A1.6.bM 10</b>	C	C	C	C	C	A	A	C	C	C	B	C	B	C	C	A	C	C	C	C
	<b>A1.6.bM 11</b>	D	A	C	E	A	A	A	E	D	A	D	C	D	E	C	A	C	B	C	C
Actividad A1.6.c	<b>A1.6.cM6</b>	C	B	A	C	A	B	C	A	B	A	A	A	B	B	C	A	A	A	A	A
	<b>A1.6.cM7</b>	D	C	B	D	B	B	D	B	C	B	C	C	B	C	D	A	A	B	B	B
	<b>A1.6.cM8</b>	C	B	A	C	A	A	C	A	B	B	B	B	B	A	C	A	A	B	A	A
	<b>A1.6.cM9</b>	C	B	A	C	B	B	C	A	B	B	B	B	B	B	C	A	A	B	B	A
	<b>A1.6.cM1 0</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	C	C	C	C	A	C	C	C	C
	<b>A1.6.cM11</b>	E	C	A	E	A	C	E	A	C	C	D	C	E	C	E	A	C	C	C	C
ActividadA1.6.d	<b>A1.6.dM 6</b>	B	A	A	B	A	B	B	A	B	B	B	C	A	A	A	A	A	B	C	A
	<b>A1.6.dM 7</b>	C	B	B	C	B	C	A	B	C	B	C	D	A	C	B	A	C	C	D	C
	<b>A1.6.dM 8</b>	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	C	A	B	A	A	B	A	C	A
	<b>A1.6.dM 9</b>	A	B	A	A	A	B	C	A	B	B	B	C	B	B	A	A	A	B	C	A
	<b>A1.6.dM 10</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C	A	C	C	C
	<b>A1.6.dM11</b>	D	C	A	D	A	C	C	C	C	E	D	E	C	E	A	A	C	C	E	C
ActividadA1.6.e	<b>A1.6.eM6</b>	B	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	A	A	A	B	A	A	A	C	C
	<b>A1.6.eM7</b>	C	B	B	B	B	B	B	B	C	A	C	C	C	A	B	A	B	B	D	D
	<b>A1.6.eM8</b>	A	A	A	B	B	B	B	A	B	B	A	B	A	B	C	A	B	A	C	C
	<b>A1.6.eM9</b>	B	A	A	A	A	B	B	A	B	B	C	B	B	B	B	A	B	A	C	C
	<b>A1.6.eM1 0</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	<b>A1.6.eM11</b>	C	A	A	C	A	C	E	A	C	D	D	A	E	E	C	A	C	A	E	E
ActividadA1.6f	<b>A1.6.fM6</b>	C	A	B	B	A	A	C	B	B	A	C	A	C	B	A	B	C	A	C	C
	<b>A1.6.fM7</b>	D	B	B	C	B	B	D	C	C	A	D	B	D	C	B	B	D	C	D	D
	<b>A1.6.fM8</b>	C	A	A	B	B	B	C	B	B	B	C	B	C	C	A	C	C	B	C	C
	<b>A1.6.fM9</b>	C	A	A	A	A	A	C	B	B	A	C	A	C	B	A	A	C	B	C	C
	<b>A1.6.fM10</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	<b>A1.6.fM11</b>	E	A	C	E	A	C	E	C	C	A	E	C	E	C	C	C	E	C	E	E
Actividad A1.7.a	<b>A1.7.aM6</b>	B	B	A	B	B	B	A	A	B	B	B	A	A	B	B	A	B	B	A	A
	<b>A1.7.aM7</b>	D	C	A	C	B	B	B	A	A	C	A	B	C	C	C	A	C	C	B	B
	<b>A1.7.aM8</b>	B	B	B	C	C	B	A	A	B	B	A	A	B	B	B	A	B	C	B	A
	<b>A1.7.aM9</b>	A	B	A	B	A	B	A	A	B	B	B	B	B	C	B	A	B	B	B	A
	<b>A1.7.aM10</b>	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	A	A	C	C	C	A	C	C	C	C
	<b>A1.7.aM11</b>	D	D	A	D	C	C	A	A	C	E	C	A	C	C	C	A	D	E	C	C
Actividad A1.7.b	<b>A1.7.bM 6</b>	C	B	C	B	A	A	C	A	B	B	A	C	C	A	C	A	A	A	C	C
	<b>A1.7.bM7</b>	D	C	D	C	A	B	D	B	B	C	B	D	D	A	D	A	A	C	D	D
	<b>A1.7.bM 8</b>	C	B	C	B	A	A	C	A	B	A	B	C	C	A	C	A	A	A	C	C
	<b>A1.7.bM9</b>	C	B	C	B	A	A	C	A	B	B	B	C	C	A	C	A	A	A	C	C
	<b>A1.7.bM 10</b>	C	C	C	C	A	C	C	C	C	C	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	<b>A1.7.bM 11</b>	E	D	E	C	A	C	E	A	C	D	A	E	E	A	E	A	A	A	E	E

Actividad A.1.7.c	<b>A.1.7.cM 6</b>	C	B	C	B	C	C	C	B	B	B	B	C	C	A	C	C	C	A	C	C
	<b>A.1.7.cM7</b>	D	C	D	C	D	D	D	C	C	D	C	D	D	A	D	D	D	A	D	D
	<b>A.1.7.cM 8</b>	C	B	C	B	C	C	C	B	B	B	B	C	C	A	C	C	C	A	C	C
	<b>A.1.7.cM9</b>	C	B	C	B	C	C	C	B	B	B	B	C	C	B	C	C	C	A	C	C
	<b>A.1.7.cM 10</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C
	<b>A.1.7.cM11</b>	E	B	E	D	E	E	E	C	C	D	E	E	E	C	E	E	E	A	E	E
Actividad A2.1.a	<b>A2.1.aM6</b>	B	B	C	B	B	B	C	A	A	B	B	C	A	A	A	A	C	A	A	C
	<b>A2.1.aM7</b>	C	B	D	C	B	D	D	B	A	A	C	D	B	A	A	A	D	A	C	D
	<b>A2.1.aM8</b>	C	B	C	B	A	B	C	A	A	A	B	C	A	A	A	A	C	A	C	C
	<b>A2.1.aM9</b>	C	A	C	B	A	C	C	B	A	B	B	C	A	A	A	A	C	A	B	C
	<b>A2.1.aM1 0</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C
	<b>A2.1.aM11</b>	D	C	E	B	B	D	E	C	B	D	E	E	D	C	A	A	E	A	C	E
Actividad A2.1.b	<b>A2.1.bM 6</b>	B	C	C	B	A	C	C	A	A	B	C	C	B	A	C	C	C	C	C	C
	<b>A2.1.bM7</b>	D	D	D	C	A	D	D	A	A	C	D	D	B	C	D	D	D	D	D	D
	<b>A2.1.bM 8</b>	B	C	C	B	A	C	C	A	B	B	C	C	B	A	C	C	C	C	C	C
	<b>A2.1.bM9</b>	B	C	C	B	A	C	C	A	A	B	C	C	B	A	C	C	C	C	C	C
	<b>A2.1.bM 10</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C	C	C
	<b>A2.1.bM 11</b>	D	E	E	D	D	E	E	A	A	D	E	E	E	C	E	E	E	E	E	E
Actividad A2.1.c	<b>A2.1.cM6</b>	C	C	B	B	B	C	C	A	B	B	B	C	B	A	C	C	C	C	C	C
	<b>A2.1.cM7</b>	D	D	C	C	C	D	D	B	C	C	C	D	C	A	D	D	D	D	D	D
	<b>A2.1.cM8</b>	A	C	B	C	B	C	C	A	A	B	B	C	B	A	C	C	C	C	C	C
	<b>A2.1.cM9</b>	C	C	A	B	A	C	C	A	A	B	B	C	A	A	C	C	C	C	C	C
	<b>A2.1.cM10</b>	C	C	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	<b>A2.1.cM11</b>	D	E	D	C	D	E	E	D	D	D	E	E	C	A	E	E	E	E	E	E
Actividad A2.2.a	<b>A2.2.aM6</b>	B	B	A	A	A	A	C	A	A	A	B	C	B	B	A	A	C	A	A	A
	<b>A2.2.aM7</b>	B	C	B	B	B	B	D	B	A	A	C	D	C	A	A	A	D	C	C	A
	<b>A2.2.aM8</b>	B	B	A	C	A	A	C	A	B	A	B	C	A	B	A	A	C	C	B	A
	<b>A2.2.aM9</b>	C	B	A	A	A	A	C	A	B	A	B	C	A	B	A	A	C	B	B	A
	<b>A2.2.aM1 0</b>	C	C	B	C	A	A	C	A	C	A	C	C	B	C	C	A	C	C	C	A
	<b>A2.2.aM11</b>	B	D	B	E	A	A	E	A	C	A	C	E	D	E	A	A	E	C	C	A
Actividad A2.2.b	<b>A2.2.bM 6</b>	B	B	A	C	A	A	C	A	A	A	B	C	A	A	C	A	C	A	A	C
	<b>A2.2.bM7</b>	C	C	A	D	A	B	D	A	B	A	C	D	C	A	D	A	D	A	B	D
	<b>A2.2.bM 8</b>	A	B	A	B	A	A	C	A	A	A	B	C	A	A	C	A	C	C	B	C
	<b>A2.2.bM9</b>	B	B	A	B	A	A	C	A	B	A	B	C	B	A	C	A	C	A	B	C
	<b>A2.2.bM 10</b>	C	C	A	C	C	A	C	A	C	C	C	C	C	A	C	A	C	C	C	C
	<b>A2.2.bM11</b>	D	D	A	D	A	A	E	A	A	A	C	E	C	A	E	A	E	C	C	E
Actividad A2.2.c	<b>A2.2.cM6</b>	B	B	A	B	B	A	C	B	A	A	B	C	A	A	C	A	C	A	B	C
	<b>A2.2.cM7</b>	A	A	A	C	B	C	D	B	A	A	C	D	C	A	D	C	D	A	C	D
	<b>A2.2.cM8</b>	A	A	A	C	B	C	C	A	A	B	B	C	A	A	C	A	C	A	B	C
	<b>A2.2.cM9</b>	A	B	A	A	B	A	C	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	A	A	C
	<b>A2.2.cM10</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C
	<b>A2.2.cM11</b>	D	B	E	E	C	C	E	C	A	A	C	E	A	A	E	A	E	C	C	E

Actividad A2.2.d	<b>A2.2.dM6</b>	C	C	C	A	A	A	C	A	A	A	C	C	A	A	C	C	C	A	A	C
	<b>A2.2.dM 7</b>	A	D	D	B	B	A	D	A	C	B	D	D	C	A	D	D	D	B	C	D
	<b>A2.2.dM8</b>	A	C	C	A	A	A	C	A	B	A	C	C	A	A	C	C	C	A	A	C
	<b>A2.2.dM 9</b>	A	C	C	A	A	A	C	A	A	B	C	C	B	A	C	C	C	A	B	C
	<b>A2.2.dM10</b>	B	C	C	A	A	A	C	A	A	A	C	C	A	A	C	C	C	A	A	C
	<b>A2.2.dM 11</b>	D	E	E	D	A	A	E	A	A	A	E	E	A	A	E	E	E	A	C	E
Actividad A2.3.a	<b>A2.3.aM6</b>	B	B	A	A	A	A	C	B	A	A	C	C	A	A	B	A	C	A	A	A
	<b>A2.3.aM7</b>	C	C	B	B	A	B	D	C	A	A	D	D	A	C	D	A	D	A	A	A
	<b>A2.3.aM8</b>	B	B	A	A	A	A	C	A	A	A	C	C	A	A	A	A	C	A	A	A
	<b>A2.3.aM9</b>	B	B	B	A	A	A	C	B	A	A	C	C	A	A	B	A	C	A	A	A
	<b>A2.3.aM10</b>	C	C	C	A	A	A	C	C	A	C	C	C	A	C	B	A	C	C	C	C
	<b>A2.3.aM11</b>	B	D	C	C	A	A	E	C	A	A	E	E	A	C	D	A	E	C	C	A
Actividad A2.3.b	<b>A2.3.bM6</b>	B	B	A	B	A	A	C	B	A	A	B	C	B	A	A	A	C	A	A	C
	<b>A2.3.bM 7</b>	A	C	B	C	A	B	D	C	A	A	C	D	C	A	A	A	D	A	A	D
	<b>A2.3.bM 8</b>	A	B	A	B	A	A	C	B	A	A	C	C	A	A	A	A	C	C	C	C
	<b>A2.3.bM 9</b>	A	B	B	B	A	A	C	B	A	A	C	C	B	A	B	A	C	B	A	C
	<b>A2.3.bM10</b>	C	C	C	C	A	A	C	C	A	A	C	C	A	A	A	A	C	A	A	C
	<b>A2.3.bM 11</b>	D	C	C	E	A	A	E	C	A	A	C	E	A	A	D	A	E	A	C	E
Actividad A.2.4.a	<b>A.2.4.aM6</b>	C	B	A	B	A	A	C	A	A	A	A	C	A	A	A	A	C	A	B	A
	<b>A.2.4.aM 7</b>	D	B	C	C	C	A	D	A	A	A	C	D	B	A	A	A	D	C	A	A
	<b>A.2.4.aM8</b>	C	B	B	B	B	B	C	A	A	A	B	C	B	B	A	A	C	A	A	A
	<b>A.2.4.aM 9</b>	C	C	B	B	B	A	C	A	A	A	B	C	B	A	A	A	C	B	A	A
	<b>A.2.4.aM10</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C	A	C	C
	<b>A.2.4.aM 11</b>	E	C	C	C	C	A	E	A	A	A	C	E	A	C	A	A	E	A	C	C
Actividad A.2.4.b	<b>A.2.4.bM6</b>	C	C	C	A	A	A	C	C	A	B	A	C	A	A	A	A	C	B	B	C
	<b>A.2.4.bM 7</b>	D	D	D	C	B	A	D	D	A	B	A	D	B	A	A	A	D	C	B	D
	<b>A.2.4.bM8</b>	C	C	C	A	C	C	C	C	B	B	A	C	A	A	A	A	C	A	C	C
	<b>A.2.4.bM 9</b>	C	B	C	B	B	B	C	C	B	B	B	C	A	A	B	A	C	B	B	C
	<b>A.2.4.bM10</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	A	C	A	C	C	B	A	C
	<b>A.2.4.bM 11</b>	E	D	E	C	C	C	E	E	A	A	C	E	A	C	A	C	E	D	C	E

