BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS

MAESTRÍA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS

PROPUESTA PARA MEJORAR LA ARGUMENTACIÓN ESCRITA EN EL TRABAJO EXPERIMENTAL

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS

Presenta

Q. I. MARÍA LOURDES CONCEPCIÓN SÁNCHEZ RAMÍREZ

Directora de Tesis:

M. C. LIDIA MELÉNDEZ BALBUENA

Asesores:

M. C. LEOPOLDO CASTRO CABALLERO

Dr. JUAN CARLOS RAMÍREZ GARCÍA

M. C. ISMAEL SOTO LÓPEZ

PUEBLA, PUE., SEPTIEMBRE DE 2014

PROPUESTA PARA MEJORAR LA ARGUMENTACIÓN ESCRITA EN EL TRABAJO EXPERIMENTAL

ÍNDICE

RESUMEN .....

CAPITULO 1 1

1.1 INTRODUCCIÓN 1

1.2 JUSTIFICACIÓN 2

1.3 OBJETIVO GENERAL 4

1.4 OBJETIVOS PARTICULARES 4

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO 6

2.1 LOS TRABAJOS PRÁCTICOS 7

2.2 ¿CÓMO PUEDE EL ALUMNO MEJORAR SUS INFORMES DE LABORATORIO? 10

2.3 ENSEÑAR A ESCRIBIR Y HABLAR EN LAS CLASES DE CIENCIAS 11

2.4 LA PRECISIÓN DEL LENGUAJE CIENTÍFICO. 16

2.5 LAS EXPLICACIONES EN LAS CLASES DE CIENCIAS 18

2.6 LA ARGUMENTACIÓN EN EL AULA 21

2.7 EL MODELO DE ARGUMENTACIÓN DE TOULMIN 24

2.8 EL DIAGRAMA V DE GOWIN 28

2.8 LAS RÚBRICAS 32

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA 36

3.1 ANÁLISIS DEL TIPO DE PRÁCTICA DE LABORATORIO QUE ACTUALMENTE TRABAJAN LOS ALUMNOS 37

3.2 ANÁLISIS DEL NIVEL DE ARGUMENTACIÓN DE LOS ESTUDIANTES EN SUS INFORMES DE LABORATORIO 43

3.3 PROPUESTA DE UNA ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PARA MEJORAR LA ARGUMENTACIÓN ESCRITA EN EL TRABAJO EXPERIMENTAL 47

3.3.1 Aprender a construir un argumento 47

3.3.2 Actividad de enseñanza-aprendizaje POE (Predecir, Observar, Explicar) 47

3.3.3 Debate 48
3.3.4 Cierre de la actividad 50
3.3.5 Evaluación 50
3.3.6 Experimento propuesto para la actividad POE 51

CONCLUSIONES 53

BIBLIOGRAFÍA 54

ANEXO 59

RESUMEN

En este trabajo realizamos una investigación exploratoria cualitativa, con respecto al nivel de argumentación que utilizan los alumnos en sus informes de laboratorio de Química Inorgánica III, IV y V de la Facultad de Ciencias Químicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, observándose en ellos una carencia de textos argumentativos. A partir de estos resultados y conscientes de la relevancia que tiene la discusión argumentativa en la construcción del conocimiento científico, proponemos una estrategia de enseñanza-aprendizaje para promover la argumentación en el aula, en un ambiente de discusión donde los estudiantes estructuran sus ideas, antes de elaborar su informe de laboratorio.

CAPITULO 1

En el presente capítulo se presenta una introducción al tema que nos ocupa, recalcando la importancia del lenguaje y la comunicación, para el desarrollo de habilidades como son las de hablar y escribir ciencia. A continuación se tiene la justificación que motivó esta investigación y finalmente se muestran los objetivos de la misma.

1.1 INTRODUCCIÓN

De tiempo atrás, es conocida la importancia que tiene el lenguaje y la comunicación tanto en el trabajo científico como en las clases de ciencias. Jiménez (2003) dice que uno de los objetivos que se propone la enseñanza de las ciencias es que el alumno se apropie de sus formas específicas de usar el lenguaje, que aprenda a hablar del mundo de otra manera, lo que constituye una parte del pensar científicamente.

Entonces en clase, los docentes debemos desarrollar las habilidades de hablar y escribir ciencias, así los estudiantes podrán expresarse oralmente, por escrito o mediante dibujos, lo que les permitirá contrastar sus ideas y desarrollarlas.

Tal como lo indica Lemke (1997), aprender a hablar ciencia es un proceso similar al del aprendizaje de cualquier lengua extranjera. En el entorno social habitual las personas aprendemos a hablar el lenguaje cotidiano, y sólo en la escuela se nos enseña habitualmente a hablar y a escribir en el lenguaje científico. Al lenguaje simbólico y formal se llega al final del proceso de apropiación de un concepto o idea, en el momento en que los estudiantes se encuentran con la dificultad de nombrar algo que conocen pero no saben cómo expresarlo de forma sintética. No es de extrañar que no encuentren sentido al aprendizaje de nombres y fórmulas que no les sirven para nada (sólo para aprobar exámenes), ya que no los pueden conectar con hechos del mundo real (Sanmarti, 1996).

Sin duda, el papel de los trabajos prácticos es esencial en las ciencias experimentales, ya que es una oportunidad para que los estudiantes construyan nuevos conocimientos. Pero,

para que la influencia de un experimento científico en el aprendizaje sea significativa, al mismo tiempo se deben discutir los resultados, escribir las conclusiones y posteriormente comunicarlas. En la discusión los distintos razonamientos conducen a que se construya una nueva explicación en contextos mentales compartidos.

La discusión obliga a los estudiantes a estructurar sus ideas y a relacionarlas con otros conocimientos, lo que lleva a una estructura cognitiva con mayor organización. Aquí el lenguaje cumple con una función reorganizadora de los procesos cognitivos. La comunicación en clase permitirá a los estudiantes el desarrollo de sus habilidades para observar, describir, analizar, hipotetizar, argumentar, evaluar, concluir, generalizar, etc.

Así pues, se trata de enseñar no sólo a experimentar, sino también a describir, explicar, justificar y argumentar, como forma de asegurarnos que el aprendizaje sea significativo (Gómez-Moliné y Sanmartí, 2000).

1.2 JUSTIFICACIÓN

La demanda de habilidades comunicativas para el siglo XXI motivadas por los retos del desarrollo social, económico y humano, alertan sobre la necesidad de replantear estrategias que conlleven a un mayor nivel de argumentación por parte de los estudiantes. En nuestra sociedad, es cada vez más necesario tener habilidades lingüísticas. Las habilidades comunicativas oral y escrita son fundamentales para el desarrollo personal y profesional (Sánchez et al., 2013).

Los científicos en su trabajo de investigación, para aclarar sus resultados, que los llevarán a resolver el problema que les ocupa, argumentan racionalmente entre ellos una y otra vez hasta llegar a un punto convincente para todos. Esta idea se debe trasladar al aula y enseñar a los alumnos a argumentar.

Los investigadores educativos han aportado muchos resultados sobre las concepciones alternativas de los estudiantes y su resistencia al cambio; sabemos que no basta con reconocerlas e intentar sustituirlas por las ideas correctas, sino que requiere de un largo trabajo en clase, donde la argumentación es fundamental.

El enfoque de la enseñanza de las ciencias debe apuntar hacia el aprendizaje de conceptos de manera significativa y el desarrollo de habilidades útiles no sólo para el aprendizaje de dichos conceptos, sino para toda su vida, formándose ciudadanos competentes que con base en modelos explicativos de las ciencias, tengan la capacidad para discutir, argumentar y tomar decisiones con respecto a temas actuales, cotidianos y decisivos en el bienestar social.

Argumentar es una habilidad del pensamiento que trata de dar razones para probar o demostrar una proposición con la intención de convencer a alguien de aquello que se afirma o se niega. Implica, por lo tanto, someter el propio pensamiento al juicio y a la crítica de los demás mediante el diálogo, la discusión o el debate. La argumentación tiene un componente lógico y un componente dialógico. El primero establece la validez de la argumentación desde la razón y el segundo expresa la situación comunicativa que se produce en el discurso argumentativo (Canals, 2007).
La argumentación en ciencias favorece al desarrollo de procesos metacognitivos y contribuye al desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo.

Así, la argumentación es una habilidad que se debe enseñar y practicar en clase de ciencias, en un proceso que involucra tanto a los profesores como a los estudiantes; sin embargo no siempre se cumple con esta condición. En el caso del laboratorio escolar, habitualmente los estudiantes están ocupados en el registro de datos, en la transformación gráfica o analítica de estos registros y en la extracción de conclusiones sin saber demasiado por qué lo hacen. Después de realizar la experiencia, se les pide que redacten un informe de laboratorio que incluya puntos como procedimiento, observaciones, dar respuesta a las preguntas que ha planteado el profesor o profesora y sus conclusiones.
En pocas ocasiones se les pide que utilicen los conceptos o la teoría para comprender por qué se le ha propuesto que observe determinados hechos, que registre datos, o, que reflexione cuando son incorrectas sus conclusiones.
El profesorado evalúa la significatividad del aprendizaje a partir de la presentación y el contenido de dichos informes. El resultado es que, sus informes son reproductivos y

descriptivos, dando poco peso a la argumentación y a la relación teoría-práctica (Jiménez, 2003).

En la mayoría de los casos, sus escritos son una descripción o enumeración en orden cronológico de cada una de las partes del guion de prácticas, sin establecer ninguna conexión entre ellas. En el mejor de los casos puede ser una explicación basada en el sentido común, pretendiendo mostrar que el fenómeno descrito se incluye dentro del cuadro de conceptos y leyes físicas que se están estudiando (Bernal, 1997).

En este contexto, reflexionamos sobre la necesidad de promover la argumentación en las explicaciones de los fenómenos que observan los estudiantes en el laboratorio de ciencias. Así, nos enfocamos en investigar cómo son los informes de las prácticas de laboratorio de Química Inorgánica, que actualmente se realizan en el programa de la Licenciatura en Química, de la Facultad de Ciencias Químicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Con base en los resultados, se hará una propuesta para mejorar el nivel de argumentación en dichos informes.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta metodológica para mejorar la argumentación escrita en los informes del trabajo experimental.

1.4 OBJETIVOS PARTICULARES

- Hacer un análisis sobre el nivel de argumentación de los estudiantes en sus informes de laboratorio de Química Inorgánica.
- Proponer el Modelo de Argumentación de Toulmin, para que los estudiantes construyan los argumentos de sus explicaciones.

- Proponer estrategia de enseñanza-aprendizaje que permita a los estudiantes desarrollar habilidades cognitivas y cognitivo – lingüísticas, tales como, predecir, observar y explicar, en vía de lograr aprendizajes significativos.
- Promover la argumentación en el aula en un ambiente de discusión donde los estudiantes estructuren sus ideas, antes de elaborar el informe de laboratorio.
- Proponer el uso de los instrumentos: V de Gowin y Rúbricas, para las evaluaciones del proceso de aprendizaje.
- Captar la atención del estudiante para mejorar su aspecto actitudinal con respecto a su interés por la química.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describen los conceptos y bases en que se sustenta nuestro trabajo. El primer tema se refiere a "Los trabajos prácticos", los cuales permiten desarrollar habilidades motoras, intelectuales, de resolución de problemas, de investigación, de comunicación y al mismo tiempo permiten desarrollar la comprensión de conceptos químicos. En el segundo tema se trata sobre ¿Cómo puede el alumno mejorar sus informes de laboratorio?, ya que pretendemos avanzar de un informe descriptivo del experimento a uno interpretativo, es decir, un informe donde los estudiantes establezcan relaciones entre sus conocimientos y lo que observan a fin de llegar a explicaciones científicas, necesitando una interacción dialógica. En el tercer tema se aborda la necesidad de "Enseñar a escribir y hablar en las clases de ciencias", lo que les va a permitir desarrollar su habilidad de razonar científicamente y construir su modelo explicativo ante una situación o problema, y al contrastarlo con otros modelos, les dará la oportunidad de lograr un avance cognitivo. El cuarto tema trata sobre la "Precisión del lenguaje científico"; es muy importante que los estudiantes se den cuenta que los términos que usan en su vida cotidiana tienen un nuevo significado en el marco de las explicaciones científicas. El quinto tema se refiere a "Las explicaciones en la clase de ciencias", las que alejando a los alumnos del sentido común, los van a llevar a la construcción de nuevos significados. El tema número seis es "La argumentación en el aula", donde se insiste sobre la necesidad de dar la oportunidad a los estudiantes de desarrollar su capacidad de razonar y argumentar a fin de avanzar hacia un aprendizaje significativo. En el séptimo tema abordamos "El Modelo de Argumentación de Toulmin", cuyos conceptos centrales reclaman el papel de la argumentación en el aprendizaje. El tema número ocho trata sobre el "El Diagrama V de Gowin", un instrumento que permite analizar críticamente un trabajo de investigación y, va a permitir al estudiante entender y explicar un experimento de laboratorio. Finalmente en el noveno tema nos referimos a "Las Rúbricas", un instrumento para la evaluación que permiten describir cualitativamente los diferentes niveles que debe alcanzar el estudiante y establecer los criterios para medir su avance.

2.1 LOS TRABAJOS PRÁCTICOS

La investigación actual sobre didáctica de las ciencias, señala la necesidad de integrar tres aspectos que, hasta hace poco, se trataban por separado: el aprendizaje de conceptos y construcción de modelos, la resolución de problemas y los trabajos prácticos.
Uno de los objetivos de la enseñanza de la ciencia es enseñar a los estudiantes cómo hacer ciencia y una forma de aproximarse a esto es el desarrollo de trabajos prácticos.

Existen diferentes formas de clasificar a los trabajos prácticos, en cuanto al objetivo, al tipo de trabajo, al nivel de autonomía del alumno, etc. Tres de ellas son: clasificación de Caballer y Oñorbe, 1999 (figura 2.1), clasificación de Herron, s/f (figura 2.2) y clasificación de Caamaño, 1993 (figura 2.3).

Problemas-Cuestiones	Su finalidad no es más que reforzar y aplicar la teoría.
Problemas-Ejercicio	Generalmente útiles para lograr el aprendizaje de técnicas de resolución ya establecidas (usar la balanza o pipetear).
Problema-Investigación	Los alumnos resuelven con metodología de investigación.

FIGURA 2.1. Clasificación de Caballer y Oñorbe (1999) de las prácticas de laboratorio.

Nivel cero	Se les da la pregunta, el método y la respuesta.
Nivel uno	Se da la pregunta y el método, y el estudiante tiene que hallar la respuesta.
Nivel dos	Se da la pregunta y el estudiante tiene que encontrar un método y una respuesta.
Nivel tres	Se le indica un fenómeno y tiene que formular una pregunta adecuada y encontrar un método y una respuesta a la pregunta.

FIGURA 2.2. Clasificación de Herron de las prácticas de laboratorio, citada por Tamir y García (1992).

En la siguiente clasificación (Figura 2.3), las experiencias y experimentos ilustrativos tienen como objetivo comprender y aprender los conceptos científicos (*aprender ciencia*); el objetivo de los ejercicios prácticos es desarrollar capacidades instrumentales previas al trabajo de investigación; mientras que los experimentos para contrastar hipótesis y las investigaciones proporcionarán los conocimientos y las capacidades de investigación requeridas para la resolución de problemas como lo hace la ciencia (*hacer ciencia*). Tener en cuenta que hacer ciencia, es también proponer y discutir ideas, evaluar opciones y elegir entre distintas explicaciones.

Ya mencionamos sobre aprender ciencia y hacer ciencia. Para completar los tres componentes principales de la educación en ciencias, de acuerdo con Hodson (1992) y señalado por Albaladejo y Grau (1992), indicaremos el tercero, aprender sobre la ciencia, donde el análisis de las investigaciones (diseño, secuencia, estructura y función) permite aproximarnos a la comprensión de la naturaleza de la ciencia y por lo tanto a *aprender sobre la ciencia* (Albaladejo y Grau, 1992).

1. Experiencias: actividades prácticas destinadas a obtener una familiarización perceptiva con los fenómenos.
2. Experimentos ilustrativos: actividades para ejemplificar principios, comprobar leyes o mejorar la comprensión de determinados conceptos operativos.
3. Ejercicios prácticos: actividades diseñadas para desarrollar específicamente habilidades prácticas, estrategias de investigación, habilidades de comunicación o procesos cognitivos en un contexto científico.
4. Experimentos para contrastar hipótesis: actividades experimentales en las que se pretende determinar la validez de una hipótesis establecida por el profesor o por los propios alumnos.
5. Investigaciones: actividades diseñadas para dar a los estudiantes la oportunidad de trabajar como los científicos en la resolución de problemas.

FIGURA 2.3: Tipos de trabajos prácticos, clasificación de Caamaño (1993), mencionada por Grau (1994).

En lo general, los trabajos prácticos cumplen objetivos con respecto a hechos, conceptos, procedimientos y actitudes.

Con respecto a los hechos y a los conceptos, permiten:

- Identificar y corregir los conceptos equivocados.
- Comprender conceptos complejos y abstractos al proporcionar a los estudiantes soportes concretos.
- Aplicar un modelo, que ya han construido, en la explicación de un fenómeno.
- A partir del experimento, construir un modelo por contrastación de hipótesis.
- Comprender la forma como trabajan los científicos.

Con relación a los procedimientos, permiten el desarrollo de:

- Habilidades prácticas (destreza, técnicas).
- Estrategias para investigar (diseño de experimentos, control de variables, tratamiento de datos, etc.).
- Procesos cognitivos para la investigación (observación, clasificación, inferencia, emisión de hipótesis, evaluación de resultados).
- Habilidades de comunicación (oral, escrita, gráfica, simbólica).

Y en cuanto a las actitudes, entre otras, promueven:

- El espíritu de colaboración.
- La objetividad.
- La perseverancia.
- La responsabilidad.
- La seguridad en sí mismo.
- El interés en la ciencia.

En un trabajo práctico, como en cualquier otra actividad de aprendizaje, un contexto de diálogo es fundamental para la construcción del conocimiento.

Para que un trabajo práctico tenga éxito es necesario tener objetivos claros y no tan pretensiosos, en cuanto a cantidades indiscriminadas de: conceptos, capacidades de investigación intelectuales y técnicas de laboratorio. También es importante tomar en cuenta que el grado de autonomía del estudiante debe ir aumentando paulatinamente.

Finalmente, queremos mencionar un punto que no podemos pasar por alto: evitar una visión inductiva sobre la práctica científica, que la considera como una serie de pasos consecutivos. Actualmente esta visión inductiva ha sido fuertemente criticada y desacreditada. Los conceptos no surgen directamente de la observación, por un proceso de generalización inductiva, debido a que los científicos tienen puntos de vista o expectativas teóricas preexistentes. Como mencionan Barberá y Valdés (1996), hoy se considera la observación dependiente de la teoría; determinando ésta qué y cómo observar.

2.2 ¿CÓMO PUEDE EL ALUMNO MEJORAR SUS INFORMES DE LABORATORIO?

Para redactar un informe de laboratorio se requiere construir textos argumentativos, que constituyan las explicaciones de los fenómenos que se observan en el laboratorio. El esquema básico de un texto argumentativo es muy conocido: A partir de una hipótesis de trabajo -generada por una pregunta problema- premisa o idea primaria, se llega a una conclusión que resuelve el problema.

Contrariamente a las aseveraciones directas, el objetivo del texto argumentativo es convencer que la conclusión es correcta.

Muchas veces los estudiantes no saben qué tipo de argumentos han de seleccionar entre los que tienen en su memoria, ni han llegado a tomar conciencia de lo que implica llegar a responder de manera coherente a un ¿por qué?, pero en el acto de la escritura organizan y reelaboran sus conocimientos. Por estas razones, para elaborar un informe, los estudiantes deben comprender la dinámica de la experiencia de laboratorio y aprender a estructurar sus ideas.

Suponemos que el alumnado que ha aprendido de manera significativa una teoría científica, será capaz de presentar de manera coherente los hechos y conceptos implicados mediante un discurso verbal o textual, básicamente, de tipo argumentativo.

Antes de exigirles que elaboren informes de laboratorio, se deben realizar una serie de actividades para que aprendan a:

- Analizar la actividad experimental
- Estructurar y elaborar los informes de laboratorio.
- Realizar el análisis de la actividad experimental mediante instrumentos gráficos–visuales (mapas de conceptos, mapas mentales, tablas, V- heurística, etc.).

Si pretendemos una ciencia interpretativa y no puramente descriptiva, debemos promover que los estudiantes reconozcan que el hecho de explicar desde el punto de vista científico, implica el establecimiento de relaciones entre aquello que se observa, lo que se imagina que pasa y lo que puede ser la causa (Sanmarti, 1995).

2.3 ENSEÑAR A ESCRIBIR Y HABLAR EN LAS CLASES DE CIENCIAS

Desde una perspectiva sociocultural, el lenguaje juega un papel importante en el aprendizaje. En esta perspectiva, Vygotsky destacó la importancia de la interacción social en el desarrollo cognitivo (construcción social de conocimientos), derivando de la vida social las funciones mentales superiores (pensamiento, atención, memoria); así podemos decir que existe una conexión entre los procesos mentales y los sociales. Wertsch menciona, citado por Jiménez (2003), que comunicación y desarrollo cognitivo están conectados, pues son las prácticas comunicativas humanas las que hacen surgir las funciones mentales del individuo.

Enseñar y aprender ciencia es, básicamente, un proceso de comunicación entre los estudiantes y el profesor, y entre los mismos estudiantes. Los profesores usan el lenguaje de la ciencia para dar un sentido científico a cada tema. Los alumnos con su propio lenguaje se forman una visión del tema, que puede ser muy diferente a la científica. Por estas razones comunicar ciencia no siempre es fácil.

Las ideas, las teorías, forman una trama compleja en la mente de los individuos, donde se interrelacionan conceptos, experiencias y ejemplos. Pero sólo va tomando sentido cuando se habla y escribe sobre ellos, cuando se da nombre a cada cosa y se buscan las palabras idóneas para expresar las relaciones.

Según Sanmarti (1996) este proceso comunicativo que se establece a partir de la diversidad, permite que cada estudiante pueda ir construyendo su modelo explicativo, es decir, pueda aprender ciencias.

Enseñar, aprender y hacer ciencia son procesos sociales; en estos procesos, el lenguaje nos permite comunicar significados. Durante el proceso de comunicación, el estudiante al verbalizar y explicitar sus pensamientos, los puede contrastar con otros y así mejorarlos y evolucionar conceptualmente, lo que le permitirá acceder a otros conocimientos.

Sin embargo, no debemos dejar de lado que para aprender, no es suficiente con leer, escuchar y discutir sino que además cada estudiante tiene que interiorizar su propio discurso y hablarse a sí mismo sobre sus ideas y sus formas de actuar. En este proceso de hablar con uno mismo, de releer lo que se ha escrito, cada individuo autorregula su aprendizaje, es decir, reconoce aspectos que no son coherentes y aspectos que aportan ideas clave para la comprensión del tema. Mientras no se llega a ese nivel personal, de metarreflexión, no se puede afirmar que se ha aprendido un concepto o un procedimiento (Gómez-Moliné y Sanmartí, 2000).

Para aprender a hablar científicamente necesitamos utilizar el idioma científico cuando observamos, formulamos preguntas, comparamos, analizamos, razonamos, discutimos, argumentamos, diseñamos experimentos, evaluamos, concluimos, generalizamos, escribimos, enseñamos, etc.

Si los alumnos no pueden demostrar su dominio de la ciencia al hablar o escribir, podemos dudar de que sus respuestas y soluciones a problemas representen realmente su habilidad de razonar científicamente, ya que el razonamiento es una forma de explicarse a uno mismo una solución, de movilizar los recursos semánticos del lenguaje científico (incluyendo diagramas y fórmulas) y de darle sentido a una situación (Lemke, 1993).

Enfocando estas ideas a la práctica científica de los estudiantes, podemos considerar tres etapas o fases:

1. Una fase creativa individual, en la que tendrán un momento privado para la reflexión y creatividad, lo que permitirá:
    - Tener clara la pregunta o problema de investigación.
    - Preparar la garantía, la teoría que usará como forma de razonamiento.
    - Ordenar sus ideas
    - A partir de la garantía, elaborar una hipótesis.
2. Una fase experimental, que implicará la necesidad de explicar los resultados obtenidos.
3. Una fase de comunicación y aceptación, donde el comunicar y contrastar sus ideas les permitirá mejorarlas y evolucionar conceptualmente

Así, si queremos asegurar que el alumnado tenga una comprensión completa de la práctica, tendremos que darle la oportunidad para pensar y comunicarse creativamente. Para eso debemos tener como finalidad mejorar su competencia lectora y su capacidad de producción textual. (Novak, 1991).

En este sentido, un objetivo general de la enseñanza de las ciencias entre las que se encuentra la Química es: Comprender y producir mensajes orales y escritos con propiedad, autonomía y creatividad, adecuándose a distintas intenciones y contextos de comunicación, respetando al mismo tiempo otras formas de comunicación distintas a las habituales de su medio.

El lenguaje es un sistema de recursos para construir significados. En la comunicación debemos analizar el uso del lenguaje para significar algo.

Para que se desarrolle un diálogo, no es suficiente conocer la definición de los términos científicos, los estudiantes deben aprender la semántica de las palabras, es decir, cómo acomodar los significados de los diferentes términos para hablar científicamente. Lemke llama patrón temático (semántico) al que vincula los significados de las palabras. El patrón semántico es el contenido científico de lo que decimos o escribimos. Un ejemplo de cómo se van integrando los términos y las relaciones semánticas en un patrón temático se presenta en la figura 2.4.

- **Términos del lenguaje científico:**

  orbital, 1s, esférico, elemento, hidrógeno

- **Relaciones semánticas:**

1s	(es un tipo de)	orbital
Orbital	(tiene característica)	esférico
Hidrógeno	(es un tipo de)	elemento

- **Patrón temático:**

  1s (es un tipo de) orbital (que está contenido) en los elementos, (por ejemplo)

FIGURA 2.4. Integración de los *términos y las relaciones semánticas en un patrón temático.*

El patrón temático se puede ir haciendo cada vez más amplio y complejo, al ir integrando más relaciones semánticas. En la enseñanza, hay que tomar en cuenta que existen conceptos que sólo se pueden entender en su totalidad hasta que se domina el patrón temático completo.

Hablar ciencia, en el sentido más amplio, siempre combina un patrón temático de relaciones semánticas con una estructura de organización, de cómo los expresamos. Si se dedica una parte del diálogo en clase a la exposición de estos patrones y a explicitar las relaciones entre los términos clave y cómo se insertan esas relaciones en conjunto en un patrón más amplio, los alumnos llegarán a dominar éstos y les resultará muy fácil leer, escribir o hablar de temas científicos.

Dentro de una buena práctica de enseñanza se da una gran cantidad de repeticiones de uso de ejemplos y uso implícito de términos y principios en una amplia variedad de contextos.

Sabemos que sólo a través de este proceso los alumnos parecen captar los patrones semánticos del uso de términos y los patrones temáticos más amplios dentro de los cuales se utilizan los términos y principios (Lemke, 1997).

De acuerdo con Lemke (1997), el aprendizaje de la química depende de la habilidad en el uso de su lenguaje especializado. Una de las características del lenguaje de la ciencia es su semántica (los significados científicos y su integración en un tema, la cual depende de la gramática, las estructuras retóricas y las formas idiomáticas). El lenguaje científico tiene ciertas peculiaridades: el uso de la voz pasiva, los sustantivos abstractos en lugar de los verbos, los verbos de relación abstracta (como ser, hacer, representar) en lugar de verbos de acción. También tiene sus formas idiomáticas preferidas, como la analogía y patrones retóricos. Además incluye diferentes estructuras de actividad (como diálogo triádico, preguntas y respuestas, monólogos de resumen, etc.) y formas especiales para textos (apuntes de laboratorio, informes de experimentos, artículo de investigación científica, tratados teóricos, etc.). Podemos decir, que el lenguaje científico tiene su propia forma de organizar y presentar información y significados y sus propios patrones de significado; sin conocer esto y dominarlo, a un tema científico no le encontraríamos el sentido.

En resumen, para hablar de ciencia debemos tener claro el patrón temático, es decir, el contenido con sus significados (relaciones semánticas) y las estructuras de organización del lenguaje, lo que nos va a permitir construir y expresar el argumento.

Es importante no perder de vista que además del lenguaje utilizamos otros recursos (de representación, movimiento y acción) para construir significados, tales como imágenes visuales, diagramas y fórmulas, movimientos y posturas corporales, habilidades manuales y de escritura. Trabajamos de forma compleja en el laboratorio con aparatos, al mismo tiempo descubrimos en voz alta los pasos que vamos dando, de tal forma que sus resultados y relaciones tengan significado. Ya sea que lo hagamos para nosotros mismos o sobre el papel, construimos relaciones de significado entre las imágenes y sus partes que pueden o no tener equivalencia en la semántica del lenguaje.

Finalmente, debemos tener presente que al ser procesos sociales, la comunicación y la enseñanza no dependen sólo del conocimiento y de las habilidades, sino que también dependen de los valores, actitudes e intereses sociales. Recordando que los conocimientos o conceptos son lo que uno sabe y comprende; las habilidades son herramientas para aprender y manejar el conocimiento y las actitudes son tendencias a actuar de determinada manera para reforzar un valor.

2.4 LA PRECISIÓN DEL LENGUAJE CIENTÍFICO.

El lenguaje y la comunicación son parte muy importante del trabajo científico, los resultados de los experimentos se deben interpretar o explicar antes de ser considerados como hechos por la comunidad científica.

De manera similar, en la clase de ciencias el lenguaje y la comunicación juegan un papel primordial. Sin embargo el lenguaje científico es diferente al que se utiliza en situaciones cotidianas. Por un lado, en la clase de ciencias se van a utilizar términos nuevos para los estudiantes (molécula, exotérmico, catión, electronegatividad, etc.); aquí es recomendable evitar una enseñanza memorística y así no poner nombre a las cosas antes de que los estudiantes hayan comprendido el fenómeno, sólo así tendrá sentido un término nuevo. Y por otro lado, se van a encontrar con palabras que usan en su vida cotidiana (energía, calor, partícula, elemento, etc.) pero que en clase será necesario construir un nuevo significado en el marco de las explicaciones científicas, de otra manera basarán sus explicaciones en concepciones alternativas.

Generalmente, en la clase de lenguas se insiste tanto en aprender las distintas maneras de expresar una idea como en la riqueza de significados de una misma palabra. En la clase de ciencias, en cambio, se usan términos científicos empleados en todo el mundo para designar ideas o conceptos precisos. Así, palabras como “fuerza”, “trabajo”, “energía”, “elemento”, etc., poseen muchos significados diferentes en el lenguaje cotidiano, pero sólo uno de ellos

es válido en el lenguaje científico. También los verbos suelen ser muy específicos. Por ejemplo es válido hablar de "ejercer" una fuerza, pero no de "tener" fuerza (Izquierdo, 1997).

Tampoco se trata de que utilicen el lenguaje científico en todos los contextos, sino que estén conscientes de, en dónde aplicar el concepto previo y el nuevo concepto (científico), ya que de acuerdo al cambio conceptual, la construcción de conceptos nuevos no implica necesariamente el abandono de las concepciones previas.

Estas estructuras del lenguaje se relacionan con las llamadas "habilidades cognitivo-lingüísticas", que se activan en el momento de producir o de intentar comprender un texto. Y se relacionan tanto con habilidades cognitivas como analizar, comparar, clasificar, identificar, interpretar, deducir, inferir, valorar etc., como con las estructuras conceptuales construidas a lo largo de los años por cada disciplina, y que son las que configuran la cultura (Izquierdo, 1997). En la figura 2.4 se presenta una clasificación de las habilidades antes mencionadas.

En el campo científico se requieren distintas habilidades cognitivo-lingüísticas, tales como describir, definir, interpretar, justificar y argumentar, pero consideramos que la actividad más importante es explicar, ya que incluso un texto descriptivo puede ser, desde el punto de vista científico, explicativo. Por ejemplo, cuando al observar una mezcla la describimos diciendo que "se ha formado una disolución, estamos afirmando implícitamente que el soluto se ha disgregado en partículas muy pequeñas que no se pueden ver a simple vista y que se han distribuido por todo el disolvente, expresión que podríamos asociar a una explicación. Por ello, el problema didáctico en la clase de ciencias es conseguir que incluso cuando el alumno nombre o describa algo, explique, es decir, demuestre que comprende aquello de lo que habla (Ogborn et al., 1998).

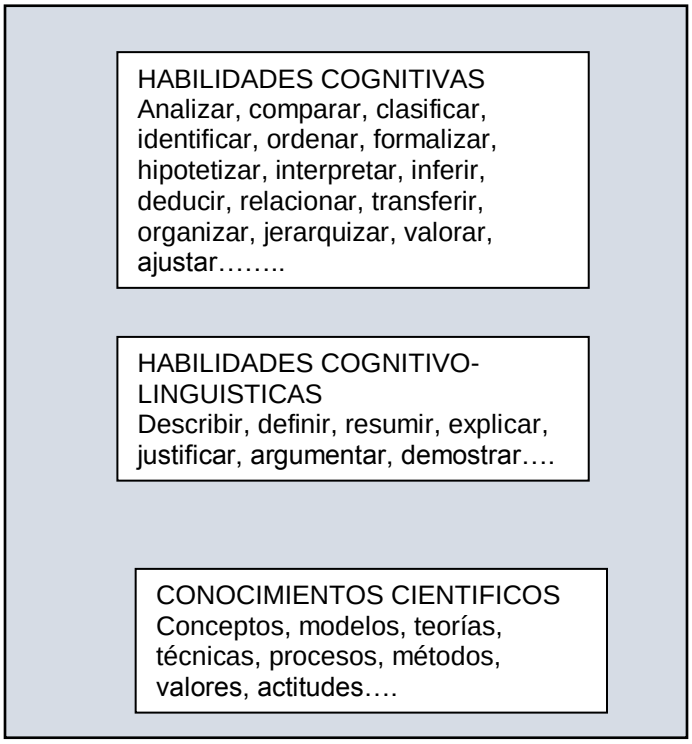


FIGURA 2.5. Clasificación de las habilidades cognitivas, cognitivo-lingüísticas y de conocimientos científicos.

Finalmente podemos agregar, retomando las ideas de Lemke (1997), que hablar ciencia es más que hablar acerca de la ciencia, es hacer ciencia a través del lenguaje; en otras palabras significa observar, describir, comparar, clasificar, analizar, discutir, hipotetizar, teorizar, cuestionar, desafiar, argumentar, diseñar experimentos, seguir procedimientos, juzgar, evaluar, decidir, concluir, generalizar, informar, escribir, leer y enseñar en y a través del lenguaje de la ciencia.

2.5 LAS EXPLICACIONES EN LAS CLASES DE CIENCIAS

Dominar el lenguaje científico, no significa memorizar la definición de un concepto, sino aplicar dicho concepto para explicar un fenómeno observado.

Frente a un fenómeno que sorprende y que el sentido común explica de determinada manera (“el carbón se ha transformado en aire”,…), se debe recurrir a nuevas palabras que

la ciencia ha inventado Con estas nuevas palabras -conceptos- se construyen explicaciones que están lejos del 'sentido común' pero que, sin embargo deben finalmente satisfacerlo (Sanmartí et al., 1999). Así las explicaciones en clase llevan a la construcción de significados.

La necesidad de una explicación surge por la existencia de diferencias en el conocimiento, a esta diferencia Ogborn y otros la llaman tensión semiótica. Esta tensión se produce cuando se confronta a los estudiantes con sus propios conocimientos, por ejemplo, cuando sienten la necesidad de saber algo que no saben, o cuando se produce una confrontación entre lo que creen saber y un resultado contradictorio con esas creencias

Sin embargo, cuando un estudiante no entiende un fenómeno, no puede dar una interpretación y explicación de los resultados obtenidos, no puede proponer nuevas hipótesis, nuevos experimentos y llevarlos a cabo. En estas condiciones, el reporte de laboratorio queda a nivel descriptivo de las observaciones realizadas y quizás acompañadas de un contenido teórico pero sin organización y sin objetivos, que no constituyen una explicación al fenómeno observado, es decir, carente de argumentos sólidos.

¿Qué es entender? Entender significa relacionar o conectar conocimientos, información, hechos, datos, etc. con conocimientos que ya tenemos; entre más relaciones establezcamos, más entendemos.

Entender implica ciertas operaciones intersubjetivas que conduce a comprender los datos que se han colectado o a tener un "insight". Estas operaciones son inquirir, imaginar, concebir y formular. Implican la tendencia a preguntar: qué, quién, por qué, para qué, cómo, dónde, cuándo, cuánto, cuál; consideran el dar ejemplos, servirse de ilustraciones, establecer imágenes; abarcan el separar lo accidental de lo esencial, lo universal de lo particular; inducen a definir o describir (Rugarcía, 1982).

Pero, todos los docentes hemos observado que no todos nuestros estudiantes entienden al mismo tiempo. De Pro Bueno (2003) dice que no todos nuestros alumnos tienen las mismas características ni conocimientos; es necesaria una pluralidad metodológica para poder crear situaciones de aprendizaje que sean válidas para el mayor número de ellos.

Esta reflexión nos lleva a considerar algunos puntos que debemos tomar en cuenta en nuestro trabajo docente:

- A partir de las ideas de los estudiantes podemos atender la forma en que se negocian los significados en clase; entender que no se trata de eliminar las llamadas "ideas alternativas" y substituirlas por otras. Los estudiantes no son páginas en blanco en los que se inscriben los conocimientos; ellos, antes de la educación, ya tienen ideas o explicaciones sobre cómo funciona el mundo; dichas ideas no siempre coinciden con las aceptadas por la comunidad científica y son resistentes al cambio. Las ideas de los alumnos se deben explorar y tomar como punto de partida para la enseñanza, se debe promover que los estudiantes se den cuenta del contexto, cotidiano o científico, donde se pueden aplicar; sin embargo lo más importante es el proceso, que se da en clase por medio de la comunicación, de negociación de significados y por el que se crean nuevos significados, es decir se desarrolla la comprensión o una nueva visión.
- Muchas de las observaciones de hechos observables se explican utilizando conceptos, ideas, entidades no observables, lo cual se dificulta cuando los alumnos no han desarrollado el pensamiento formal. Algunos estudios muestran que la educación puede conducir al mejoramiento del pensamiento formal. Actividades como el debate de ideas, el análisis de los resultados de un experimento y el dar una explicación a los hechos observados, favorecen el desarrollo del pensamiento formal. Hay que considerar que en los debates de ideas se deben tomar en cuenta: el nivel de pensamiento de los estudiantes, sus ideas previas, que partan de un acuerdo común que es la garantía y su disposición a la actividad.
- El estudiante con pensamiento operacional concreto no piensa en términos de posibilidades y no es capaz de comprender conceptos abstractos que se alejen de la realidad concreta. El estudiante de pensamiento operacional formal comienza pensando en función de lo que podría ocurrir e imaginando todos los cambios posibles, es capaz de razonar sin esfuerzos visuales. Un estudiante que no ha alcanzado la etapa de operaciones formales sí puede resolver problemas, pero su punto inicial es siempre lo real, no lo potencial. Su razonamiento siempre se basa en observaciones reales y se limita a extrapolaciones de su experiencia sensorial. No esboza todas las posibilidades ni cree que lo observado sea sólo un caso especial de lo posible (Herrón, 1995).

- Hasta los individuos que han desarrollado el nivel de las operaciones formales, normalmente regresan al pensamiento operacional concreto cuando se encuentran en condiciones con las que no están familiarizados.
- Un alumno que entiende y aunque parta de una verdad, si el razonamiento es incorrecto, la conclusión a la que llega no es válida. Por otro lado, aunque un razonamiento sea lógico (porque sigue un patrón específico, desde las premisas hasta las conclusiones), no significa que sea correcto. Si el razonamiento, la argumentación y la conclusión son erróneos el alumno tendrá, por sí mismo, que darse cuenta.
- Puede haber dificultades a causa de la demanda cognitiva y también problemas de aprendizaje debidos al contenido.

2.6 LA ARGUMENTACIÓN EN EL AULA

Un argumento se construye a partir del razonamiento. Un razonamiento es una forma de plantearse un problema o de explicarse a uno mismo la solución del problema, utilizando los recursos semánticos del lenguaje científico (incluyendo diagramas y fórmulas). Lemke dice que, razonamiento es un término que significa tanto una forma de hablar acerca de algo, como una manera de utilizar la lógica; el razonamiento entonces no puede ser considerado en ningún sentido como un proceso mental (aunque por supuesto nosotros utilizamos nuestro cerebro y otros sistemas de nuestro cuerpo cuando razonamos).

El razonamiento es una forma de hablar, de escribir y de lenguaje interno. Las habilidades de los estudiantes para razonar y para argumentar se deben desarrollar en un ambiente donde el diálogo es estructurado y apoyado, siendo la adquisición de estas habilidades, un proceso a largo plazo.

Chamizo (2007) afirma que hay que enseñar a los alumnos a argumentar de manera competente, para ello hay que proporcionarles las herramientas y la práctica necesaria para que puedan hacerlo.

Gómez y Sanmartí (2000) dicen que se trata pues de enseñar, no sólo a experimentar, sino también a describir, explicar, justificar y argumentar como forma de asegurarnos que el aprendizaje sea significativo.

En general, las actividades discursivas (discusión, razonamiento, justificación, crítica y argumentación), son fundamentales en la construcción del conocimiento, en un ambiente social.

El conocimiento científico seguro depende tanto de la habilidad de refutar y reconocer argumentos científicos pobres como de la habilidad de reproducir la visión científica correcta. El argumento es pues una característica medular de la ciencia y como corolario debería ser una característica distintiva de cualquier educación científica (Driver, Newton & Osborne, 2000 y 1999), citado por Osborne (2009).

Actualmente, el profesor y los libros de texto ya no constituyen las únicas fuentes de conocimiento, sino que se integra y rebasa la interacción social y dialógica (favorecida por el gran desarrollo de las tecnologías de comunicación). Dicha interacción está mediada por el lenguaje (oral, escrito, gráfico, gestual, matemático, informático, etc.) y promueve el desarrollo de habilidades del más alto orden de pensamiento, tales como: argumentar, contraargumentar, razonar, comparar, clasificar, establecer relaciones causales, entre otras.

Tomando las ideas de De la Chaussee (2009), en el *nivel empírico* tenemos sensaciones, percibimos, memorizamos, repetimos, recordamos e imaginamos. En el *nivel intelectual* preguntamos, relacionamos, analizamos, entendemos, expresamos lo entendido, concebimos y formulamos. En *nivel racional*, reflexionamos, buscamos y ordenamos nuestras evidencias, criticamos, argumentamos y hacemos juicios sobre la verdad o falsedad de las afirmaciones o sobre su certeza o probabilidad. Un alumno aprende significativamente cuando logra transitar hasta el tercer nivel, es decir, cuando llega a emitir, por sí mismo, juicios fácticos.

La evidencia sobre el valor de la argumentación en el aprendizaje va en aumento. Varios investigadores educativos han orientado sus trabajos y recomendaciones en este sentido y algunas de ellas aquí las mencionamos:

Simon, Erduran y Osborne (2006) dicen que argumentar es un proceso que necesita ser explícitamente enseñado a través de proporcionar una actividad apropiada, apoyo y modelación.

Jiménez (2003) afirma que la enseñanza de las ciencias debería dar la oportunidad de desarrollar la capacidad de razonar y argumentar, ya que uno de los fines de la ciencia es la generación y justificación de enunciados y acciones encaminados a la comprensión de la naturaleza.

Candela (1991) sostiene que la formulación de explicaciones alternativas y la argumentación de las ideas son centrales para la formación científica.

Erduran y Jiménez (2007), citados por Sánchez Mejía et al. (2013) mencionan que promover la argumentación en el aula implica motivar en los estudiantes la reflexión sobre sus propios procesos de aprendizaje y sobre la forma en que se estructuran sus conocimientos. El compromiso epistemológico frente a los estudiantes, debe prevalecer más que la crítica sobre las observaciones inconsistentes o irrelevantes de los demás, debe tener en cuenta el poder explicativo que se traduce en cambios conceptuales.

Sanmartí, Pipitone y Sarda (2009), concluyen que trabajar la competencia argumentativa haciendo uso del conocimiento científico permite la formación de un alumno capaz de actuar de manera crítica y responsable en la sociedad actual.

González et al. (2013) encontraron que con la implementación de estrategias didácticas basadas en argumentación, se promueven el aprendizaje de conocimientos, actitudes y valores propios de la ciencia.

¿Qué es la argumentación? Jiménez (2003) la define como la capacidad de relacionar datos y conclusiones, de evaluar enunciados teóricos a la luz de los datos empíricos o procedentes de otras fuentes.

Un argumento incluye las pruebas y razonamientos estructurados que explican cómo se llega a una conclusión, o que hacen sustentable una tesis o afirmación; tiene la pretensión de convencer a otros y además puede basarse en sostener verdades o tratar de sostener falsedades; las razones pueden ser a favor o en contra de una aseveración.

Para argumentar se requiere de operaciones mentales de los otros niveles como atender, analizar, entender, reflexionar, recoger y seleccionar evidencias. La argumentación se centra en las siguientes preguntas: ¿se puede comprobar?, ¿cómo?, ¿cuáles son las pruebas o evidencias?, ¿Cuáles son las pruebas relevantes o argumentos?, ¿qué demuestran las

pruebas?, ¿no son contradictorias las pruebas?, ¿es lógico el resultado de…?, ¿por qué? (De la Chaussée, 2009).

Preguntas como las antes mencionadas obligan a pensar, a la reflexión; representan un desafío a la capacidad de razonamiento de quien debe responder; cada uno mostrará lo que realmente sabe o interpreta y un estilo propio de expresar sus ideas.

La argumentación es una actividad individual a través de la reflexión y de la escritura, o una actividad social que tiene lugar dentro de un grupo.

Driver y Newton (2000), mencionado por García de Cajén et al. (2002), definen la argumentación dialógica o de voz múltiple, que tiene lugar cuando se examinan por un individuo o en el seno de un grupo, diferentes perspectivas para llegar a un acuerdo sobre cuáles son las afirmaciones del conocimiento que se aceptan o las líneas de acción que se toman en consideración. Este tipo de argumentación surge en las clases de ciencias cuando se da a los estudiantes la oportunidad de abordar un problema en un grupo o cuando, en situación de discusión en la clase, el profesor dirige un debate para identificar diferentes líneas de pensamiento e invita a los estudiantes a evaluarlas con el fin de ir hacia un resultado con el que todo el mundo esté de acuerdo. Definen argumentación como el proceso por el que se da una razón a favor o en contra de una proposición o línea de acción (argumentación retórica).

De acuerdo con lo anterior, los docentes debemos organizar actividades para que los estudiantes tengan voz, para proporcionarles la oportunidad de practicar el razonamiento y la argumentación; ellos asumirán la tarea de elaborar argumentos razonados en forma individual y colectiva y así desarrollarán estas destrezas.

2.7 EL MODELO DE ARGUMENTACIÓN DE TOULMIN

Para construir argumentaciones científicas, se puede aplicar el modelo de Toulmin. Proponemos una interpretación del modelo, de acuerdo con Chamizo (2007).

Toulmin (1977) dice que en la ciencia y la filosofía por igual, la preocupación exclusiva por la sistematicidad lógica ha resultado destructiva para la comprensión histórica y la crítica racional. Los hombres demuestran su racionalidad, no ordenando sus conceptos y creencias en rígidas estructuras formales, sino por su disposición a responder a situaciones nuevas con espíritu abierto, reconociendo los defectos de sus procedimientos anteriores y superándolos.

La lógica formal se puede usar para representar y analizar el conocimiento establecido pero no para interpretar el discurso en las situaciones en que se está generando conocimiento nuevo, pues en estos casos, por ejemplo en una actividad experimental, en el discurso natural se pueden formular enunciados que no sean totalmente correctos o incluso que sean falacias desde la perspectiva de la lógica formal, pero que son avances a la construcción del conocimiento.

Henao y Stipcich (2008) mencionan que hay tres conceptos centrales de la teoría toulminiana que son retomados en los estudios que reivindican el papel de la argumentación en el aprendizaje. El primero tiene que ver con sus consideraciones sobre el lenguaje como un elemento estructural de los conceptos, entendidos como propiedad comunal y no individual; el segundo, el carácter que le confiere a la racionalidad como contingente y no universal o trascendente y, el tercero, su postura frente al valor de la argumentación sustantiva, no formal.

Toulmin deslinda de la lógica formal al concepto de racionalidad, para proponerlo como flexibilidad intelectual y comprensión de otras formas de ver (racionabilidad). En un salón de clases existe interacción entre una gama de conocimientos (el científico, el de sentido común, el enseñado) que constituyen un conjunto de representaciones o explicaciones y la racionabilidad hace posible compartir significados o poner distancia de ellos para dar nuevas explicaciones.

De acuerdo con Toulmin, hay partes de los argumentos que son generales para todas las áreas del conocimiento y otras que son particulares para cada área.

Toulmin distingue como partes de un argumento: Hechos o datos (evidencia empírica) (D) que sustentan la conclusión del argumento (C) y como puente entre los datos y la

conclusión se encuentran ciertas reglas o principios (teoría), las garantías (G). Esto se representa en la figura 2.6, de acuerdo con la propuesta de Chamizo (2007).

En los argumentos se apela explícitamente a los datos para justificar una conclusión. A la garantía se apela implícitamente. Las garantías son generales y certifican la validez de todos los argumentos de un mismo tipo; entonces, si en un campo de argumentación, algún interlocutor no acepta ninguna de nuestras garantías, será imposible someter los argumentos del campo en cuestión a cualquier tipo de valoración racional. Por lo tanto, en el aula, para tener una discusión racional, hay que establecer de antemano la aceptación de las garantías, que representan el acuerdo mínimo del cual partir (la palabra garantía indica que la validez de la proposición debe ser establecida para garantizar efectivamente la conclusión).

Chamizo (2007) propone que a partir de tres preguntas diferentes ¿qué tenemos? (D), ¿qué se está tratando de probar? (C) y ¿cómo llegamos aquí? (G), los alumnos están en condiciones de argumentar de acuerdo con la secuencia de pensamiento: a partir de lo que tenemos, qué se quiere probar y cómo podemos hacerlo, o también qué se quiere probar, a partir de lo que tenemos y cómo podemos hacerlo.

Además de las tres partes básicas de un argumento: los datos (D), la conclusión (C) y la garantía (G), Toulmin añade otras tres, que permiten matizar y precisar los alcances de la conclusión:

Existen varios tipos de garantías y cada una confiere distintos grados de fuerza a la conclusión que justifican. Así, dados los datos apropiados, algunas garantías permiten afirmar *necesariamente* una conclusión, mientras que otras llevan a conclusiones de manera tentativa o con algunas restricciones o excepciones (*posiblemente* o *probablemente*). Para indicar el grado de fuerza que los datos confieren a la conclusión en virtud de la garantía que se aporta, se utiliza un calificativo modal (Q).

También hay excepciones y condiciones de refutación (R), que indican las circunstancias en que la autoridad general de la garantía tendrá que ser hecha de lado

La garantía debe tener un sustento (S), que variará de un campo de argumentación a otro. El sustento de la garantía es muy diferente a la garantía. Ésta última es una afirmación hipotética que sirve como puente entre los datos y la conclusión. En cambio, los sustentos

de las garantías pueden ser expresados como afirmaciones categóricas de hechos, de manera muy similar a como se presentan los datos que apoyan las conclusiones.

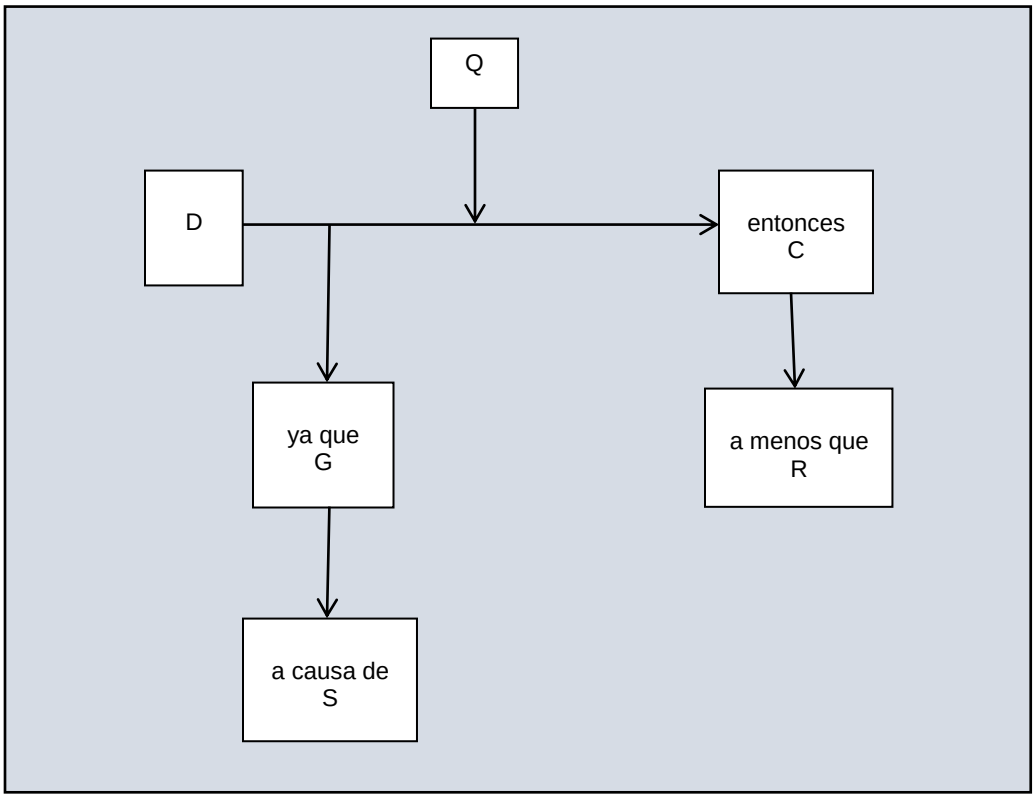


FIGURA 2.6. Partes de un argumento de acuerdo con Toulmin (propuesta de Chamizo,2007).

Un esquema completo de un argumento, con un ejemplo, aparece en la figura 2.7.

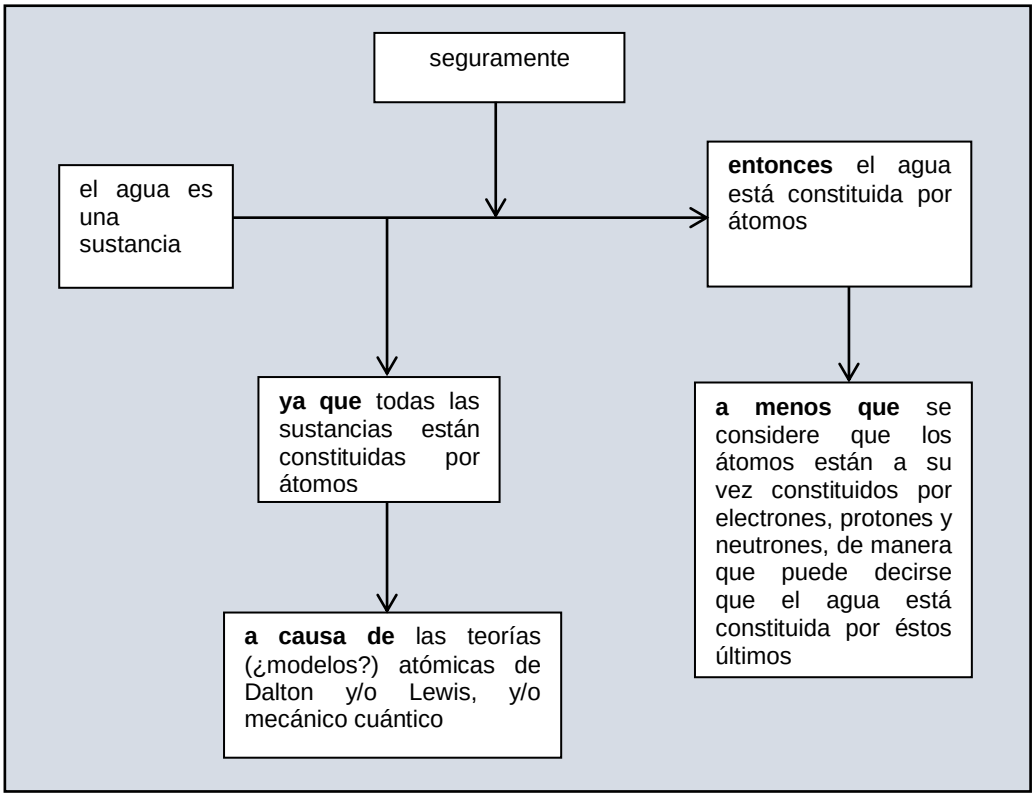


FIGURA 2.7. Esquema completo de un argumento de acuerdo con Toulmin (propuesta de Chamizo,2007).

2.8 EL DIAGRAMA V DE GOWIN

La V de Gowin es un método que permite entender tanto la estructura del conocimiento como la forma en que éste se produce. Fue presentada en 1977 por Bob Gowin como estrategia para resolver un problema o para entender un procedimiento. Gowin encontró que los estudiantes no hacían bien los registros de lo que observaban y hacían afirmaciones sobre conocimientos sin tener una claridad conceptual y por lo tanto sus trabajos de laboratorio resultaban carentes de significado, entonces desarrolló esta técnica.

La V de Gowin es un instrumento útil para que pueda identificar la estructura del conocimiento científico y se pueda hacer una representación de la dinámica de aprendizaje en las experiencias de laboratorio, lo cual le puede facilitar los procesos de elaboración de

conocimiento científico escrito en el aula (Izquierdo, 1994), por lo tanto la V puede servir para nuestros propósitos.

La V de Gowin permite:

- Analizar las actividades experimentales y relacionar las observaciones con los conocimientos teóricos. Así, estructurar un informe de laboratorio que además de describir, dé paso a la argumentación y a la relación teoría práctica.
- Ayudar en el proceso de aprendizaje, ya que durante su elaboración exige que se dé la diferenciación entre las tareas manipulativas y las de conocimientos y después se establezca la relación teoría-práctica. Así nos permitirá ver si el estudiante identifica los conceptos clave, si es capaz de desarrollar cada paso de la actividad, como el registro de datos y la elaboración de inferencias para llegar a conclusiones.

Las cinco preguntas originales propuestas por Gowin para aplicar a cualquier exposición o documento en el que se presente algún tipo de conocimiento son:

- ¿Cuál es la "pregunta determinante"?
- ¿Cuáles son los conceptos claves?
- ¿Cuáles son los métodos de investigación que se utilizan?
- ¿Cuáles son las principales afirmaciones sobre conocimientos?
- ¿Cuáles son los principales juicios de valor?

En estas cinco preguntas se resume la construcción del conocimiento para resolver y comprender el problema planteado.

La forma de UVE resultó porque Gowin encontró que su vértice apuntaba hacia los acontecimientos u objetos que se consideran como la base de toda la producción del conocimiento. Esta forma también ayuda a los estudiantes a reconocer la interacción que existe entre el conocimiento de la disciplina que se ha ido construyendo y modificando a lo largo del tiempo y el conocimiento que pueden elaborar ellos en cada caso. Los elementos conceptuales de la parte izquierda de la UVE arrojan luz sobre lo que se está investigando, construcciones que se han ido desarrollando a lo largo del tiempo, mientras que la parte derecha se construye en función de la investigación que se lleva a cada instante. No obstante, durante la construcción del conocimiento se podrían generar nuevos conceptos y teorías nuevas (Guardian y Ballester, 2011).

Para que se familiarice con este instrumento, es útil establecer un orden de preferencia para completar cada uno de los apartados y guiarles mediante preguntas que establezcan los criterios de elaboración y de evaluación, tal como se muestra en la figura 2.8.

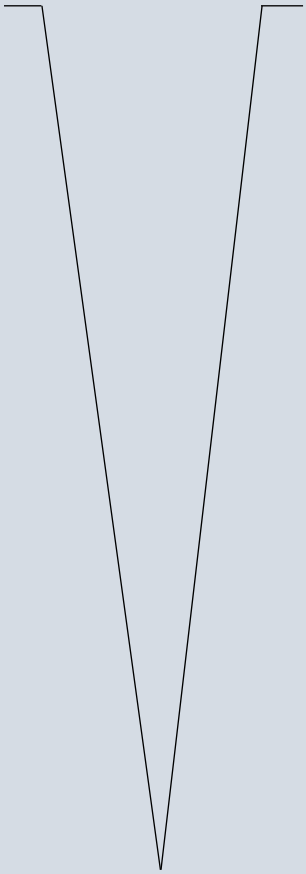
Estructura		
Conceptual	**Preguntas centrales**	**Metodología**
Modos de ver el mundo **Filosofías** **Teorías** **Principios:** Reglas conceptuales que gobiernan la conexión entre las pautas existentes en los fenómenos; tienen forma de proposiciones. Se derivan de afirmaciones previas sobre conocimientos. **Constructos:** Ideas que respaldan teorías fiables pero sin referentes directos en los acontecimientos o en los objetos. **Estructuras conceptuales:** Subconjuntos de teorías que se utilizan directamente en la investigación. **Enunciados de regularidades o definiciones conceptuales:** Signos o símbolos compartidos socialmente que indican regularidades en los acontecimientos.		**Juicios de valor** **Afirmaciones sobre conocimientos** **Interpretaciones, explicaciones, generalizaciones** **Resultados:** Representaciones de los datos en tablas, gráficos y diagramas. **Transformaciones:** Hechos ordenados gobernados por las teorías de la medida y de la clasificación. **Hechos:** El criterio, basado en la confianza en el método, de que los registros de los acontecimientos y objetos son válidos. **Registros de acontecimientos y objetos.**
	Acontecimientos/ Objetos Fenómenos de interés aprendidos mediante conceptos y registros de datos: sucesos, objetos.	

FIGURA 2.. Diagrama V-heurística o V de Gowin.

2.8 LAS RÚBRICAS

Una rúbrica es una herramienta para la evaluación que señala niveles de calidad para cada uno de los criterios con los que se puede desarrollar un objetivo, una competencia, un contenido o cualquier otra tarea que se efectúe en el proceso de aprendizaje. Una rúbrica permite evaluar de forma objetiva y sirve de guía durante su proceso de aprendizaje.

Son escalas que destacan una evaluación cualitativa, aunque también se pueden establecer puntuaciones numéricas.

Las rúbricas son perfectibles, ya que se pueden ir ajustando con la práctica.

Algunas ventajas de las rúbricas son las siguientes:

1. Permiten evaluar de modo más objetivo ya que los criterios de la medición están explícitos y de antemano son conocidos por todos.
2. Los estudiantes tienen claro cuáles son los objetivos de la actividad que se va a evaluar.
3. El profesor determina específicamente los criterios con lo que va a evaluar la actividad, así como los distintos niveles de logro que el estudiante puede alcanzar.
4. Indican con claridad al estudiante los aspectos en que tiene deficiencias y así puede planear acciones para superarlas.
5. Indican al profesor los aspectos que debe corregir o superar.
6. Promueven responsabilidad.
7. Su uso e interpretación es fácil.

Las rúbricas pueden ser de dos tipos: globales u holísticas y analíticas. Con una rúbrica global vamos a hacer una valoración general o de conjunto de un determinado aspecto. Una rúbrica analítica es más amplia y por lo tanto más apropiada para la evaluación.

En este trabajo proponemos dos rúbricas analíticas, con el entendimiento de que estos instrumentos son perfectibles y se pueden ir evaluando y mejorando conforme se vayan aplicando.

La primera, Figura 2.9, para la evaluación del debate, de acuerdo a la propuesta. Esta rúbrica tiene el objetivo de evaluar contenidos y algunos aspectos de la comunicación oral; las características de esta evaluación son: formativa porque tendrá la función de

retroalimentación, y sumativa porque será utilizada para poner una nota. La rúbrica se presentará a los alumnos antes del debate con el fin de ellos estén conscientes de los aspectos a evaluar y se preparen para sus intervenciones.

La segunda, Figura 2.10, para la evaluación de los informes de laboratorio, considerando contenidos, nivel de argumentación y algunos aspectos de la comunicación escrita. En esta rúbrica, al igual que en la anterior, la evaluación tiene características: formativa y sumativa.

FIGURA 2.9 PROPUESTA DE RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DEL DEBATE

MATERIA: _____ACTIVIDAD: _____

NOMBRE: _____GRUPO: _____ FECHA:_____

ASPECTOS	**INSUFICIENTE 1**	**ACEPTABLE 2**	**EXCELENTE 3**	**PUNTUA-CIÓN**
OBSERVACIO-NES	Pocas o ninguna de las observaciones aportadas son claras y relevantes	La mayoría de las observaciones aportadas son claras y relevantes	Todas las observaciones aportadas son claras y relevantes	
CONCEPTOS	Mencionan un concepto relacionado con lo observado en el experimento	Mencionan dos concepto relacionado con lo observado en el experimento	Mencionan tres o más conceptos relacionados con lo observado en el experimento	
EXPLICACIONES O ARGUMENTOS	Pocas o ninguna de las explicaciones tienen una relación lógica y correcta	La mayoría de las explicaciones tienen una relación lógica y correcta	Todas las explicaciones tienen una relación lógica y correcta	
EXPLICACIÓN INICIAL	La explicación es confusa, poco convincente y está mal organizada	La explicación es medianamente clara, poco convincente porque hay fallas en su organización	La explicación es clara, convincente y está bien organizada	
RÉPLICA	Pocos o ninguno de los argumentos de réplica son adecuados y relevantes	Parte de los argumentos de réplica son adecuados y relevantes	Los argumentos de réplica son adecuados y relevantes	
CONTRARRÉPLI-CA	Pocos o ninguno de los argumentos de contrarréplica son adecuados y relevantes	Parte de los argumentos de contrarréplica son adecuados y relevantes	Los argumentos de contrarréplica son adecuados y relevantes	
CONCLUSIONES	Conclusiones incorrectas y confusas de los argumentos aportados	Conclusiones correctas pero poco claras de los argumentos aportados	Conclusiones claras y precisas de los argumentos aportados	

FIGURA 2.10 PROPUESTA DE RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS INFORMES DE LABORATORIO

MATERIA: _____ACTIVIDAD: _____

NOMBRE: _____GRUPO: _____ FECHA:_____

CRITE-RIOS	**BAJO 1**	**MEDIO 2**	**ALTO 3**	**PUNTUA-CIÓN**
IDENTIFI-CACIÓN DEL OBJETIVO	No lo identifica	Lo identifica parcialmente	Lo identifica completamente	
NIVEL DE ARGUME-TACIÓN	Incluyó en la mayoría de las respuestas un elemento de la argumentación (*).	Incluyó en la mayoría de las respuestas dos elementos de la argumentación.	Incluyó en la mayoría de las respuestas tres o cuatro elementos de la argumentación.	
REDACCIÓ N	Muchos errores. Difícil de entender	Fluido y claro a pesar de algunos errores	Fluido y con buen nivel lingüístico	
PRESEN-TACIÓN	Poco trabajada y poco visual	Bien trabajada y poco visual	Bien trabajada y atractiva visualmente	
TRABAJO EN EQUIPO	Trabajo demasiado individualista, sin relación entre las partes	Trabajo individualista pero con una buena relación entre las partes	Muestra discusión y planificación conjunta	
CUMPLI-MIENTO DEL OBJETIVO	No se cumplió	Se cumplió parcialmente	Se cumplió totalmente	

(*) Elementos de la argumentación: uso de conocimientos básicos, uso de datos o evidencias, justificación y conclusión.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

En la labor docente se observan serias dificultades de los estudiantes cuando se les solicita explicar o justificar las respuestas, ya sea en forma oral o en forma escrita. La argumentación en ciencias tiene como condición necesaria el dominio de los contenidos conceptuales disciplinares, pero también requiere la adquisición y el uso adecuado de habilidades cognitivo-lingüísticas tales como definir, describir y explicar.

En este contexto nos propusimos investigar cómo son los informes de las prácticas de laboratorio de Química Inorgánica III, IV y V, que actualmente se realizan en el programa de la Licenciatura en Química de la Facultad de Ciencias Químicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Para ello, se realizó un estudio exploratorio cualitativo de 20 prácticas de Laboratorio de las asignaturas mencionadas y de 20 reportes de las mismas. El análisis y la discusión de la información se efectuaron de acuerdo con las categorías: tipo de práctica y nivel de argumentación de los estudiantes en sus informes de laboratorio.

En base a los resultados de nuestra investigación, inferimos la necesidad de promover la argumentación escrita y oral en el aula, donde se evalúen enunciados teóricos, se modifiquen afirmaciones a partir de nuevos datos, modelos y conceptos, que permitan llegar a una construcción social de nuevos significados, lo que se va a reflejar en sus informes de laboratorio, donde deben construir textos argumentativos para explicar sus resultados experimentales.

Conscientes de que la adquisición de la habilidad de construir textos argumentativos requiere de práctica, presentamos una estrategia de enseñanza-aprendizaje para tal fin. Sabemos que una actividad no es suficiente, pero esperamos que sea el inicio de otras, como parte de su formación como químicos.

3.1 ANÁLISIS DEL TIPO DE PRÁCTICA DE LABORATORIO QUE ACTUALMENTE TRABAJAN LOS ALUMNOS

En cuanto al tipo de práctica nos basamos en las clasificaciones mostradas en las figuras 2.1, 2.2 y 2.3, que aquí volvemos a presentar.

FIGURA 2.1. Clasificación de Caballer y Oñorbe (1999) de las prácticas de laboratorio.

Problemas-Cuestiones	Su finalidad no es más que reforzar y aplicar la teoría.
Problemas-Ejercicio	Generalmente útiles para lograr el aprendizaje de técnicas de resolución ya establecidas (usar la balanza o pipetear).
Problema-Investigación	Los alumnos resuelven con metodología de investigación.

Con base en esta clasificación, encontramos que las prácticas de laboratorio revisadas se ubican en las categorías *Problemas- Cuestiones y Problemas-Ejercicios*, es decir, son prácticas tradicionales; en éstas a los estudiantes se les exige una escasa demanda cognitiva, ya que sólo deben seguir los pasos del procedimiento indicado y en muchas ocasiones no llegan a comprender lo que hacen.

FIGURA 2.2. Clasificación de Herron de las prácticas de laboratorio, citada por Tamir y García (1992).

Nivel cero	Se les da la pregunta, el método y la respuesta.
Nivel uno	Se da la pregunta y el método, y el estudiante tiene que hallar la respuesta.
Nivel dos	Se da la pregunta y el estudiante tiene que encontrar un método y una respuesta.
Nivel tres	Se le indica un fenómeno y tiene que formular una pregunta adecuada y encontrar un método y una respuesta a la pregunta.

De acuerdo con esta clasificación, encontramos que las prácticas de laboratorio revisadas se ubican en las prácticas tradicionales, que corresponden a los *niveles cero y uno*. En estos niveles los objetivos son la comprobación de la teoría y que los estudiantes adquieran ciertas destrezas y habilidades, sin considerar el planteamiento de preguntas y de hipótesis, ni dar lugar a la argumentación como medio de construcción del conocimiento científico.

FIGURA 2.3. Tipos de trabajos prácticos, clasificación de Caamaño (1993), mencionada por Grau (1994).

1. Experiencias: actividades prácticas destinadas a obtener una familiarización perceptiva con los fenómenos.
2. Experimentos ilustrativos: actividades para ejemplificar principios, comprobar leyes o mejorar la comprensión de determinados conceptos operativos.
3. Ejercicios prácticos: actividades diseñadas para desarrollar específicamente habilidades prácticas, estrategias de investigación, habilidades de comunicación o procesos cognitivos en un contexto científico.
4. Experimentos para contrastar hipótesis: actividades experimentales en las que se pretende determinar la validez de una hipótesis establecida por el profesor o por los propios alumnos.
5. Investigaciones: actividades diseñadas para dar a los estudiantes la oportunidad de trabajar como los científicos en la resolución de problemas.

Las prácticas revisadas se clasifican en los tipos 1 y 2, es decir están diseñadas para adquirir conceptos científicos y familiarizarse con algunas de las principales teorías científicas, o para *aprender ciencia*, de acuerdo con Hodson (1992) y señalado por Albaladejo y Grau (1992). Sin embargo no se cubren los aspectos de *hacer ciencia* (adquirir los procedimientos científicos, es decir los conocimientos y las capacidades de investigación necesarias para poder realizar una investigación, libre o guiada) y *aprender sobre ciencia* (comprender la naturaleza de la ciencia y la práctica científica, apreciar las relaciones complejas entre ciencia-tecnología- sociedad).

Sin embargo, el cambio se debe ir dando gradualmente, se puede avanzar hacia los ejercicios prácticos, a fin de desarrollar capacidades instrumentales previas al trabajo de

investigación, y, posteriormente hacia los experimentos para contrastar hipótesis y hacia las investigaciones, que proporcionarán los conocimientos y las capacidades de investigación requeridas para la resolución de problemas, como lo hace la ciencia.
Por otra parte, como dicen Albaladejo y Grau (1992), el análisis de las investigaciones, de su diseño, de su secuencia y estructura, de su función, permite aproximarnos a la comprensión de la naturaleza de la ciencia y por lo tanto a *aprender sobre la ciencia*.

En lo general, se observó en las prácticas de laboratorio analizadas que:

- La mayoría presenta objetivos, aunque no siempre son claros y precisos, esta situación significa que los estudiantes no tienen claro lo que deben lograr y así el experimento carece de sentido para ellos.
- Definitivamente, no parten de una situación problema, pues como antes se mencionó, se clasifican dentro de las experiencias o experimentos ilustrativos; están diseñados para observar algún fenómeno, para sintetizar y/o caracterizar diferentes sustancias, observándose en la mayoría, que se proporcionan procedimientos a modo de receta.
- En cuanto a la Introducción o marco teórico, todas las prácticas analizadas lo presentan, aunque en algunas es muy extenso y puede dar lugar a que el alumno se pierda en tanta información y además resta al estudiante la oportunidad de buscar la información que realmente necesita para formular sus explicaciones.
- Todas las prácticas revisadas presentan un cuestionario final con preguntas relacionadas a la actividad experimental, aunque algunas no tienen relación con la actividad.
- En los cuestionarios se les piden observaciones, datos, definiciones; muy pocas requieren una discusión que dé lugar a argumentos con los que construyan sus explicaciones. La mayoría de las preguntas no constituyen "disparadores" o "provocadores" o "motivadores" para activar sus procesos cognitivos.

Cabe aquí considerar la recomendación de De la Chaussée (2009), el profesor no tiene que conformarse con enseñar todo superficialmente y con recibir respuestas cerradas o breves de sus alumnos. Tiene la opción de establecer otra dinámica para las respuestas y

formulación de preguntas de los alumnos (por ejemplo, pidiéndoles pruebas y razones que apoyen sus conocimientos e ideas, solicitándoles que consideren otras alternativas o evidencias).

En la figura 3.1 se presenta una muestra de las prácticas analizadas, correspondiente a Química Inorgánica IV (Química de Coordinación).

Al analizar dicha práctica, se observa que:

- El objetivo no está claramente planteado, lo que puede originar confusiones en los estudiantes en cuanto a lo que deben lograr.
- La introducción es breve, pero deja una interrogante (sobre la coordinación del ligante al ión metálico); sin embargo en ninguna parte se plantea la resolución de dicha interrogante.
- Se indican los materiales a utilizar y el procedimiento a seguir.
- Como reporte se pide responder a cinco preguntas que pueden ser consultadas en un libro, sin dar pie a la reflexión.
- De acuerdo a la clasificación de Caballer y Oñorbe (figura 2.1), es una práctica del tipo Problemas-Cuestiones, ya que sólo se va a "reforzar" la teoría que brevemente se menciona en la introducción y la que se pide investigar en el reporte.
- Con base en la clasificación de Herron (figura 2.2), es una práctica que se aproxima al nivel 1, ya que no se plantea claramente una pregunta, sí se proporciona el método y las únicas respuestas que se piden al estudiante deben ser consultadas en un libro. Este nivel es conveniente para comprobar la teoría y que los estudiantes adquieran ciertas destrezas y habilidades, pero no da lugar al planteamiento de preguntas, de hipótesis, ni de argumentación como medio de construcción del conocimiento científico.
- Considerando la clasificación de Caamaño (figura 2.3), se trata de un experimento ilustrativo, que puede mejorar la comprensión de algunos conceptos con relación a los compuestos de coordinación, es una práctica para aprender ciencia.

En conclusión es una práctica tradicional.

FIGURA 3.1. Una de las prácticas analizadas, correspondiente a Química Inorgánica IV (Química de Coordinación).

.

BUAP
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

LABORATORIO DE QUÍMICA INORGÁNICA

PRACTICA 5

DIMETILFORMAMIDA COMO UN LIGANTE

OBJETIVO

Frecuentemente uno de los errores más comunes durante la síntesis de un complejo de coordinación, es el de considerar al disolvente usado en la reacción como una parte débilmente coordinante. Se presenta la síntesis del complejo $(Co(NH_3)_5(DMF)(NO_3))$, partiendo de un complejo previamente sintetizado él $(Co(NH_3)_5Cl)Cl_2$.

INTRODUCCIÓN

De forma similar a como fue posible identificar los diferentes tipos de isómeros de enlace, en particular los correspondientes a los grupos nitro y nitrito, es posible obtener información sobre la coordinación del DMF al ión cobalto. Dado que la dimetilformamida tiene grupos funcionales con pares de electrones, uno puede esperar que pueda funcionar como una base de Lewis. La coordinación al ión metálico puede ocurrir a través del átomo de oxígeno o bien por el de nitrógeno.

Sin embargo independientemente del sitio de coordinación la unión del ligante al ión metálico puede ser estudiada por espectroscopia infrarroja a través de un estudio comparativo del espectro del disolvente y el espectro del complejo obtenido.

DESARROLLO EXPERIEMENTAL

Material

2 vasos de precipitados	Parrilla
Agitador magnético	Pipeta
Agitador de vidrio	Papel filtro

Reactivos

Nitrato de plata	Éter etílico
DMF	Etanol
$(Co(NH_3)_5Cl)Cl_2$	Agua destilada

PROCEDIMIENTO

1.- Disuelva 0.12 g de nitrato de plata en 2 ml de DMF. Mientras agita la disolución con un agitador magnético, agregue 0.05 g del complejo $(Co(NH_3)_5Cl)Cl_2$.
2.- Continué agitando por 30 minutos más, entonces caliente suavemente la mezcla por 10 ó 15 minutos en baño maría para ayudar a coagular el precipitado de cloruro de plata formado*.
3.- Filtre la disolución y permita que el filtrado se enfríe a temperatura ambiente. Lentamente y con agitación continua agregue éter etílico hasta precipitar el producto rosa (no usar más de 3 ml).
4.- Filtre el producto por succión, lave primero con etanol frío y posteriormente con éter etílico. Permita que el producto se seque al aire.

Nota: Un sobrecalentamiento puede causar la descomposición térmica del cloruro de plata.

Reporte

1)¿Cómo se obtiene el DMF puro y seco?

2)¿Cómo se obtienen los espectros infrarrojos de sustancias líquidas?

3)Mencione por lo menos cinco disolventes que puedan actuar como ligantes, a excepción del agua.

4)¿Qué otra técnica utilizaría para la determinación del DMF en la esfera de coordinación del cobalto?

5)Investigue en que consisten las siguientes técnicas y explique sus principios:

a)Análisis Térmico Diferencial
b)Análisis Térmico Gravimétrico

Nombre del alumno		
Calificación	**Número**	**Letra**

3.2 ANÁLISIS DEL NIVEL DE ARGUMENTACIÓN DE LOS ESTUDIANTES EN SUS INFORMES DE LABORATORIO

Dado que se trata de un estudio exploratorio cualitativo, donde la información recabada se expresa en forma descriptiva, en lo general, se observó lo siguiente:

- En algunos casos el informe de la práctica solicitado, consiste en contestar las preguntas planteadas, observándose que en la mayoría de los casos dan respuestas muy breves.
- La mayoría de los alumnos no producen textos argumentativos. Sus textos escritos consisten en una descripción del orden cronológico en que se realizó la práctica, mencionando al mismo tiempo lo observado y, aun cuando se les solicite, no dan explicaciones, es decir, no establecen conexiones entre lo observado y la teoría.

  Tal parece que, como señala Jiménez (2003), para los estudiantes el hecho de poder dar un nombre a lo que se quiere explicar, es ya una explicación.

Estos informes carentes de argumentación, donde los estudiantes se limitan a describir el experimento, con la idea de comprobar y aplicar lo aprendido, indican una visión cientifista de la ciencia. Habermas (1989) menciona que el cientifismo era la fe de la ciencia en sí misma, o dicho de otra manera el convencimiento de que ya no se puede entender la ciencia como una forma de conocimiento posible, sino que debemos identificar el conocimiento con la ciencia.

Además de que los estudiantes muchas veces no han desarrollado su habilidad argumentativa, los informes de laboratorio descriptivos, son un reflejo de prácticas de laboratorio tipo receta (tradicional), con procedimientos cerrados, donde los estudiantes deben seguir ciertos pasos para llegar a un resultado predeterminado. Aquí los experimentos se consideran como el único criterio de validez del conocimiento científico y la prueba definitiva de las hipótesis y teorías, con lo cual se está transmitiendo una imagen distorsionada de ciencia. Por lo que podemos decir que los alumnos no argumentan porque no trabajan con las condiciones necesarias y se requiere más participación del profesor para fomentarla.

Si pretendemos una química interpretativa y no puramente descriptiva, debemos promover que los estudiantes reconozcan que el hecho de explicar desde el punto de vista científico, implica el establecimiento de relaciones entre aquello que se observa, lo que se imagina que pasa y lo que puede ser la causa (Álvarez, 1997).

Y además, para poder construir modelos, explicaciones del mundo natural y operar con ellos, las y los estudiantes, además de entender significativamente los conceptos implicados, necesitan ser capaces de escoger entre distintas opciones o explicaciones y de razonar los criterios que permiten evaluar la opción más adecuada. En la comunidad científica estas elecciones tienen lugar en el marco de los debates; en la clase el diálogo argumentativo se lleva a cabo presentando posiciones opuestas y las pruebas o fuentes que las apoyan, estableciendo un tipo específico de comunicación (Jiménez, 2003).

En la figura 3.2 se presenta una muestra de los reportes analizados, correspondiente a Química Inorgánica IV (Química de Coordinación).

Al analizar dicho reporte, se puede observar que:

- Señala claramente un objetivo.
- Presenta una breve introducción sobre los compuestos de coordinación en general, pero sin mencionar al compuesto que se va a sintetizar.
- Menciona los materiales y reactivos utilizados y después una descripción del procedimiento seguido.
- En *observaciones y conclusiones*, menciona lo que observó sin dar explicaciones, es decir, el estudiante se queda en el nivel descriptivo, sin llegar al nivel interpretativo del experimento. En esta sección del reporte, también hace mención, en forma ambigua, de una parte del procedimiento realizado.

En conclusión, el estudiante no establece relaciones entre lo observado y la teoría, es decir, no produce textos argumentativos para explicar lo observado.

FIGURA 3.2. Uno de los reportes analizados, correspondiente a Química Inorgánica IV (Química de Coordinación).

SÍNTESIS DE $[Co(NH_3)_4CO_3)NO_3]$

OBJETIVO.

- Realizar la síntesis con compuestos de Co (III) con ligantes monodentados.
- Observar la reacción y distinguir a los compuestos complejos debido a su color.

INTRODUCCIÓN.

Los compuestos de coordinación, complejos metálicos o complejos, son compuestos que contienen un átomo o ion central que generalmente es un metal, rodeado por un grupo de iones o moléculas. La carga eléctrica depende de las cargas del átomo central y de los iones y moléculas que lo rodean y puede resultar un catión, un anión o no iónico.

Alfred Werner propuso que los iones de metales no sólo tenían cierto valor de carga sino también un "poder de combinación" característico, es decir, había un número específico de moleculares o iones con los que, un metal de transición se combina. Ahora se llama a este número, numero de coordinación del elemento, y suelen ser cuatro o seis. Las moléculas o iones que se unen de forma covalente con el ion de metal central se llaman ligantes.

Los ligantes son átomos, moléculas o iones unidos al ion del metal. Casi todos los ligantes, como el agua o el ion cloruro, ocupan un solo sitio de coordinación. Estas especies se llaman ligandos monodentados. Hay varias moléculas e iones que ocupan hasta dos sitios de enlaces, tales grupos se denominan bidentados, sin embargo, se pueden sintetizar ligantes más complejos que se unen a tres, cuatro, cinco y seis sitios de coordinación. Todos los ligantes que forman más de una unión con un ion metal se llaman ligantes quelatos y cuando los ligantes unen a un metal con otro se denominan ligantes puente.

MATERIAL.

- 2 vasos de precipitado
- Agitador magnético
- Agitador de vidrio
- Pipeta
- Parrilla
- Papel filtro
- Pizeta
- Embudo Buchner
- Matraz Kitazato
- Probeta

REACTIVOS.

- $(NH_4)_2CO_3$
- $(Co(H_2O)_6(NO_3)_2$
- NH_4OH concentrado
- H_2O_2 al 30%
- Etanol
- Agua destilada

DESARROLLO EXPERIMENTAL.

Se disolvieron 0.5 g $(NH_4)_2CO_3$ en 3 mL de agua destilada y se agregaron 3 mL de amoniaco acuoso concentrado, posteriormente se agregó una solución de 0.75 g de $(Co(H_2O)_6(NO_3)_2$ disueltos en 3 mL de agua y se mantuvo en agitación.
Se agregaron a la solución 0.4 mL de H_2O_2 al 30% y se puso a evaporar (sin dejar que la solución hirviera) hasta llegar a un volumen entre 4 y 5 mL. Durante el proceso se agregaron pequeñas porciones el $(NH_4)_2CO_3$.
Posteriormente se filtró la solución caliente y las aguas madres obtenidas se colocaron en un baño de hielo donde se le adicionaron 4 ml de etanol, finalmente se filtró para la obtención de los cristales.

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Se observó una elevada solubilidad en ambos compuestos sólidos. La adición de hidróxido de amonio se realizó en campana así como la mezcla de las soluciones de las sales, primero se observó la evolución de un precipitado azul que fue re disolviéndose con la agitación hasta convertirse en una disolución purpura transparente. No se observó cambio alguno de temperatura.
Al adicionar el peróxido de hidrogeno (se utilizó el de concentración al 30%) se observó el cambio de color a café opaco y con desprendimiento de gas, presumiblemente oxígeno.
Se calentó a 95-130 °C por un periodo de 20 minutos tras lo cual se filtró y después se metió al baño de hielo, se filtró una segunda vez, sin embargo no se obtuvieron cristales.

BIBLIOGRAFIA

R. Canham. (2000). Química Inorgánica Descriptiva. Segunda edición. Editorial Pearson Educación: México. Pág. 419-422.

3.3 PROPUESTA DE UNA ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PARA MEJORAR LA ARGUMENTACIÓN ESCRITA EN EL TRABAJO EXPERIMENTAL

La estrategia de enseñanza-aprendizaje consta de las actividades que se describen a continuación.

3.3.1 Aprender a construir un argumento

Proponemos que los estudiantes realicen ejercicios para que conozcan cuáles son las partes de un argumento y entiendan cómo se construye, de acuerdo con el **Modelo de Argumentación de Toulmin** (Ver el tema 2.7 del Marco Teórico y las figuras 2.6 y 2.7), para que con estas bases construyan sus argumentos durante la actividad.

3.3.2 Actividad de enseñanza-aprendizaje POE (Predecir, Observar, Explicar)

Se trata de una estrategia que permite conocer la comprensión de los estudiantes sobre un tema, al realizar tres tareas:

- A partir de una pregunta, debe **predecir** los resultados de un experimento que se le presenta y debe justificar su predicción, lo cual debe escribir en la hoja POE (ver figura 3.3) que se le entrega previamente. Aquí el estudiante debe decidir qué parte del conocimiento que posee es relevante.
- Debe **observar** lo que sucede y registrar sus observaciones con detalle e inmediatamente, evitando que se comunique con sus compañeros, a fin de que lo registrado sea lo que él observó; pues, a menudo, cada uno "ve cosas" diferentes.
- Debe **explicar** el fenómeno que observó y reconciliar cualquier conflicto que exista entre su predicción y sus observaciones. Todo esto lo escribe en la hoja POE y al final la devuelve al profesor. Esta parte va a manifestar lo que realmente entendió el estudiante de la actividad. Hasta este punto, la argumentación es una actividad individual a través de la reflexión y de la escritura.

Las actividades POE promueven el desarrollo de algunas habilidades necesarias para el aprendizaje de las ciencias (predicción, observación, realización de un experimento,

argumentación y comunicación entre pares) y los alumnos tienen la oportunidad de aprender cómo se genera el conocimiento científico.

Las actividades POE también constituyen un instrumento de **evaluación**, por ejemplo es muy útil en el **diagnóstico** de cómo piensan los alumnos.

Con respecto a la evaluación, White (1992), mencionado por Chamizo (1997), dice que en la calificación del POE es capital no considerar el segundo punto, el correspondiente a la observación. Los alumnos rápidamente aprenden a ver lo el que profesor considera correcto, o lo que "parece correcto", lo que no genera aprendizaje sino sólo repetición. La calificación debe dirigirse a la calidad y cantidad de conocimiento empleado en la predicción y en la justificación, así como en la calidad del razonamiento empleado en el tercer punto, el de la reconciliación.

Si usamos frecuentemente las experiencias POE es recomendable introducir experimentos en donde las predicciones de los alumnos se vayan cumpliendo, lo que les dará seguridad y confianza para las siguientes actividades. Los enfoques por indagación y POE son una excelente alternativa para diagnosticar lo que se sabe respecto a un tema, para fomentar la reflexión de contenidos conceptuales y procedimentales y para usar los trabajos prácticos como una herramienta valiosa en el aprendizaje de las ciencias naturales (Hernández y López, 2011)

3.3.3 Debate

Después del POE, proponemos que se realice un debate. Y retomamos las ideas de Driver y Newton (2000), mencionadas por García de Cajén et al. (2002), quienes definen la argumentación dialógica o de voz múltiple, que tiene lugar cuando se examinan por un individuo o en el seno de un grupo, diferentes perspectivas para llegar a un acuerdo, sobre cuáles son las afirmaciones del conocimiento que se aceptan o las líneas de acción que se toman en consideración. Este tipo de argumentación surge en las clases de ciencias cuando se da a los estudiantes la oportunidad de abordar un problema en pequeño grupo o cuando, en situación de discusión en la clase, el profesor dirige un debate para identificar diferentes líneas de pensamiento e invita a los estudiantes a evaluarlas con el fin de ir hacia un resultado con el que todo el mundo esté de acuerdo. Definen argumentación como el

proceso por el que se da una razón a favor o en contra de una proposición o línea de acción (argumentación retórica).

En la actividad grupal, se lleva cabo un debate:

- **Primero, el debate se realizará en pequeños grupos de 3 o 4 integrantes**. Esta actividad les dará la oportunidad de estructurar sus ideas, contrastarlas con otras y llegar a dar explicaciones más razonadas. Aquí, cada equipo deberá registrar las conclusiones a las que arriben.
- **Después, se realizará un debate de todo el grupo**, donde cada equipo presentará sus argumentos y tendrán la oportunidad de afirmar, cambiar o ampliar sus explicaciones. El explicitar y contrastar sus conclusiones frente a pares y docentes, les permitirá ir construyendo su modelo explicativo de los hechos observados, en el marco de la ciencia, y así, ir avanzando hacia un aprendizaje significativo. El profesor en todo momento orientará las discusiones, sin tratar de imponer sus puntos de vista; el profesor no proporciona datos, sino que aporta disparadores o cuestionamientos, tampoco anula las opiniones de los estudiantes, crea un ambiente propicio para la discusión y discretamente participa en el aterrizaje de las conclusiones.

Retomando las ideas de Catalá, M. et al. (2002), podemos decir que preguntas tales como ¿Por qué crees…? ¿cómo te explicas…?, provocan que los estudiantes expresen sus ideas y sus propias explicaciones (expliciten sus modelos) sobre lo que están observando, quizás sean distintas de un alumno a otro y estén alejadas de las explicaciones científicas, pero con base en éstas se puede desarrollar un debate guiado por el profesor, quien al ir planteando distintas variables, los estudiantes van a ir discerniendo aquellas que están presentes en su modelo o en los de otros y se darán cuenta de que entre sus compañeros existen diversas interpretaciones y cuál es la interpretación de la ciencia.

En opinión de Kuhn, mencionado por Jiménez y Díaz de Bustamante (2003), el diálogo argumentativo exterioriza el razonamiento argumentativo. Es decir, no hay forma de conocer exactamente lo que ocurre en el interior de la mente, pero una de las formas en que podemos aproximarnos es prestando atención a las discusiones entre estudiantes sobre cuestiones de ciencias.

Los debates permiten la construcción consensuada del conocimiento, pues dan lugar a una discusión donde se intercambian ideas para analizar e interpretar el significado de los resultados. En estas actividades los alumnos realizan una serie de tareas mentales lógicas y a medida que se cuestionan los razonamientos, van mejorando la coherencia interna del discurso. El debate no tiene como objetivo llegar a un acuerdo, sino inducir la argumentación que permitirá a los alumnos reconocer los diferentes aspectos y contradicciones de un problema. Los debates pueden conducir a comprobaciones, la búsqueda de información nueva (por ejemplo con experimentos) y generar nuevas interrogantes.

3.3.4 Cierre de la actividad

Al arribar a conclusiones en el debate, los estudiantes entregarán, su informe de la actividad por escrito, donde se espera un mayor nivel de argumentación, lo que será una evidencia para comparar con las explicaciones iniciales. Aquí se recomienda que se reflexione sobre los conceptos relacionados con el experimento observado y la importancia de argumentar con base en evidencias. También es recomendable que el profesor concluya con un comentario sobre la actuación del grupo, fortaleciendo aquí el aspecto actitudinal.

3.3.5 Evaluación

Proponemos el uso de dos instrumentos de evaluación: la V de Gowin y las Rúbricas, ambos instrumentos para una evaluación **formativa** y **sumativa**, utilizándose de la siguiente forma:

- **V de Gowin:** Proponemos que se realicen con los estudiantes, ejercicios previos a la actividad propuesta, para que conozcan cuáles son sus partes y se familiaricen con el uso de este instrumento (ver en el marco teórico el tema 2.8 y la figura 2.8). Con la V heurística los alumnos elaborarán un informe de la actividad experimental, la cual, como dice Izquierdo (1994), es un instrumento útil para que puedan identificar la estructura del conocimiento científico y se pueda hacer una representación de la dinámica de aprendizaje en las experiencias de laboratorio, que

facilita los procesos de elaboración de conocimiento científico escrito en el aula. Este informe se entregará en la siguiente clase.

- Dos **Rúbricas,** una para la **evaluación del debate** (Figura 2.9), donde se evaluarán contenidos y algunos aspectos de la comunicación oral, y la otra, para la **evaluación de los informes de laboratorio** (Figura 2.10), donde se evaluarán contenidos, nivel de argumentación y algunos aspectos de la comunicación escrita. Estos instrumentos serán conocidos por los estudiantes antes de la actividad, para que ellos sepan qué criterios se van a considerar en esta parte de la evaluación. Estos instrumentos, al igual que los otros mencionados, estarán sujetos continuamente a evaluaciones, correcciones o adaptaciones según corresponda, en cada situación.

3.3.6 Experimento propuesto para la actividad POE

Son convenientes los **experimentos sencillos y de rápida realización**, ya que dan la oportunidad de dedicar más tiempo a la comunicación, a la discusión y al análisis e resultados.

En el experimento que seleccionamos, los cambios de color son muy notorios y resultan sorprendentes, lo que puede despertar el interés de los estudiantes para **construir una explicación**, aplicando sus conocimientos y habilidades del pensamiento científico.

Sin embargo, se puede aplicar a otro experimento. El objetivo del experimento puede ser aplicar un modelo que ya han construido, a la explicación de fenómeno, o bien, a partir del experimento, construir un modelo, ya que en ocasiones aunque ya se haya tratado el tema en clase no lo tienen suficientemente claro.

ACTIVIDAD POE

NOMBRE_____ GRUPO_____FECHA_____

En este experimento, a 5 ml de una disolución de cloruro de hexacuocobalto(II) $[Co(H_2O)_6]Cl_2$ en agua (color rosa), se adicionará ácido clorhídrico concentrado, gota a gota, hasta observar un cambio. Después se adicionará agua, gota a gota, hasta observar otro cambio.

A) Antes de realizar el experimento responde a lo siguiente: ¿Qué cambios sucederán y por qué? (**Predice y justifica**)

B) Realiza el experimento y registra todas tus observaciones. (**Observa**)

C) **Explica** a qué piensas que se deben los resultados obtenidos en este experimento. (Reconciliación de la predicción y la justificación, en caso de ser necesario)

FIGURA 3.3. Actividad POE para la estrategia de enseñanza-aprendizaje propuesta.

En el Anexo se presenta una secuencia de fotografías del experimento. Éstas se presentan sólo para ilustrar la propuesta, pero no se mostrarán a los estudiantes.

CONCLUSIONES

Después de hacer un estudio *exploratorio cualitativo* de 20 prácticas de Laboratorio de Química Inorgánica III, IV y V del programa de la Licenciatura en Química de la Facultad de Ciencias Químicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y de 20 reportes de las mismas, se encontró, en lo general, que son prácticas tradicionales, diseñadas para adquirir conceptos científicos y familiarizarse con algunas de las principales teorías científicas (para *aprender ciencia*). Inferimos que ésta es una de las razones por las cuales los alumnos, en sus informes de laboratorio, no producen textos argumentativos o lo hacen con muy bajo nivel de argumentación.

Los alumnos no argumentan porque no trabajan con las condiciones necesarias y se requiere más participación del profesor para fomentarla. Crear situaciones o ambientes donde los estudiantes tengan la posibilidad de practicar la argumentación. Trabajar la competencia argumentativa haciendo uso del conocimiento científico, permite la formación de estudiantes capaces de actuar de manera crítica y responsable en la sociedad actual.

Se presentó una estrategia de enseñanza-aprendizaje para propiciar la argumentación en el aula, que cubre los objetivos planteados. Ésta queda como propuesta a considerar en futuros trabajos.

Es conveniente presentar las actividades experimentales en química, con un enfoque que despierte el interés y la curiosidad, que provoque construir explicaciones con argumentos científicamente razonados.

Finalmente, queremos recalcar que se cumplieron los objetivos propuestos.

BIBLIOGRAFÍA

ALBALADEJO, CARMEN Y GRAU, RAMÓN (1992). Los procedimientos en las ciencias naturales. *Aula de innovación educativa*. No. 3.

ÁLVAREZ, V. (1997). Argumentación y razonamiento en los textos de física de Secundaria. *Alambique*, 11, 65-74.

BARBERÁ, O. Y VALDÉS, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias.* 14 (3), 365-379.

BERNAL M., ÁLVAREZ V., GARCÍA-RODEJA E. Y JIMÉNEZ BERNAL, M., ÁLVAREZ, V., GARCÍA-RODEJA, E. y JIMÉ-NEZ, M. P. (1997). Destrezas argumentativas en Física: un estudio de caso utilizando problemas sobre flotación. *Comunicación en el V Congreso Investigación en Didáctica de Ciencias*, Murcia.

CABALLER, M.J. Y OÑORBE, A. (1999). Resolución de problemas y actividades de laboratorio. *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: I.C.E. Universitat de Barcelona.

CANDELA, M.A. (1991). Argumentación y conocimiento científico escolar. *Infancia y Aprendizaje*, 55. México. pp 13-28.

CANALS, ROSER (2007). La argumentación en el aprendizaje del conocimiento social. *Enseñanza de las Ciencias Sociales*. 6, 49-60.

CATALÁ, M. et al. (2002). *Las Ciencias en la Escuela*. España. Ed Grao. 124 p.

CHAMIZO, J.A. (1997). Evaluación de los aprendizajes. Tercera parte: POE, autoevaluación, evaluación en grupo y diagramas de Venn. *Educación Química*. 8[3]

CHAMIZO, J.A. (2007). Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. España. pp. 133-146

DE LA CHAUSSEE ACUÑA, M.E. (2009). La argumentación en el salón de clases. *Educación Química*. México.

DE PRO BUENO, A. (2003) La construcción del conocimiento científico y lo contenidos de ciencias. *Enseñar Ciencias*. Ed Graó. España. pp 33-53.

GARCÍA DE CAJEN, S. Y OTROS. (2002). Razonamiento y argumentación en ciencias. Diferentes puntos de vista en el currículo oficial. *Enseñanza de las Ciencias*. 20 (2).

GÓMEZ-MOLINÉ, M.R. Y SANMARTÍ, N. (2000). Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje. *Educación Química*, México. pp. 266-273.

GONZÁLEZ, J., SÁNCHEZ, L., GARCÍA, A. (2013). La Argumentación como vía para la mejora del aprendizaje de las ciencias. Un estudio desde las problemáticas ambientales. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. Girona.

GUARDIAN, B Y BALLESTER, A. (2011). UVE de Gowin instrumento metacognitivo para un aprendizaje significativo basado en competencias. IN. *Revista Electrònica d'Investigació i Innovació Educativa i Socioeducativa*, V. 3, n. 1, PAGINES 51-62.
En: http://www.in.uib.cat/pags/volumenes/vol3_num1/guardianballester/index.html en mayo, 2014

HENAO, B. L. Y STIPCICH, M. S. (2008). Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos

para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 7 Nº1.

HERNÁNDEZ MILLÁN, G. Y LÓPEZ VILLA, N.M. (2011) Predecir, observar, explicar e indagar: estrategias efectivas en el aprendizaje de las ciencias. *Educació Química. EduQ número 9 p 4-12.*

HERRÓN, J. DUDLEY (1995). Piaget para químicos. Explicando lo que los "buenos" estudiantes no pueden entender. *Journal of Chemical Education*, número 3 volumen 52. Consultado en La Enseñanza de la Química en el escuela secundaria. Lecturas. SEP. pp. 237-247.

IZQUIERDO AYMERICH, M. (1994). La V de Gowin, un instrumento para aprender a aprender (y a pensar). *Alambique, 1,* 114-124.

IZQUIERDO, M. (1997). La narración del mundo en los textos de ciencias. En Mari A. Lires y Marisé P. Mariño (eds.). *O ensino da Química* (pp. 143-170). Vigo: Servicio de Publicaciones Universidad de de Vigo.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (2003). Comunicación y lenguaje en clase de ciencias. *Enseñar ciencias*. España. Ed Grao.

JIMENEZ ALEIXANDRE, M.P. (2003). El aprendizaje de las ciencias: construir y utilizar herramientas. *Enseñar Ciencias*. Ed Graó. España. pp 13 – 32.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. y DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*. 21 (3).

LEMKE, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.

MANUALE, M. Y CARUGHI, I. (2000). Estrategias de enseñanza que favorezcan la comprensión en alumnos con dificultades en los primeros años de la Universidad. *FABICIB*. Vol. 14. pp 163-17 5. Argentina.

NOVAK, J.D., (1991). Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. La opinión de un profesor investigador. *Enseñanza de las Ciencias, 9*, 215-228.

OGBORN, J., KRESS, G., MARTINS, I., Y MCGILLICUDDY, K. (1998). *Forma de explicar. La enseñanza de las ciencias en secundaria*. Madrid. Aula XXI/Santillana.

OSBORNE, J. (2009). Hacia una pedagogía más social en la educación científica: el papel de la argumentación. *Educación Química*. México.

RUGARCÍA, A. (1982) El método para enseñar. *Panorama educativo*. Junio-diciembre. pp. 34-40.

RUGARCÍA, A. (1996). La relación entre la teoría y la práctica: un molino de viento en el quehacer curricular. *Educación Química* 7(3).

SÁNCHEZ DORANTES, L. Las actitudes como obstáculo o facilitadoras del desarrollo de habilidades de pensamiento. *Diálogos Educativos*.

SÁNCHEZ MEJÍA, L., GONZÁLEZ ABRIL, J., GARCÍA MARTÍNEZ, A. (2013). La argumentación en la enseñanza de las ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. No. 1, Vol. 9 pp. 11-28. Manizales, Colombia: Universidad de Caldas.

SANMARTI, N. (1996). Para aprender ciencia hace falta aprender a hablar sobre las experiencias y sobre las ideas, Textos, 8. *Alambique Didáctica de las ciencias experimentales. N*o. 12.

SANMARTÍ, N., IZQUIERDO, M. Y GARCÍA, P. (1999). Hablar y escribir: Una condición necesaria para aprender ciencias. *Cuadernos de Pedagogía*, 280.

SANMARTÍ, N., PIPITONE, C. Y SARDA, A. (2009). Argumentación en clase de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias. Número Extra* VIII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Barcelona, pp. 1722-1727.

SIMON, S., ERDURAN, S. & OSBORNE, J. F. (2006). Learning to Teach Argumentation: Research and Development in the Science Classroom, International *Journal of Science Education*, 28(2-3), 235-260.

TAMIR, P. Y GARCÍA, M. (1992). "Characteristics of laboratory exercises included in science textbooks in Catalonia (Spain)". *International Journal of Science Education*. Vol. 14, núm. 4. pp. 381-392.

TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana: el uso colectivo y evolución de los conceptos.* Madrid. Alianza Editorial.

ANEXO

Secuencia de fotografías del experimento propuesto para la actividad POE

Experimento: a 5 ml de una disolución de cloruro de hexacuocobalto(II) $[Co(H_2O)_6]Cl_2$ en agua (color rosa), se adicionará ácido clorhídrico concentrado, gota a gota, hasta observar un cambio. Después se adicionará agua, gota a gota, hasta observar otro cambio.

FIGURA 1. Solución de Cloruro de hexacuocobalto(II) $[Co(H_2O)_6]Cl_2$

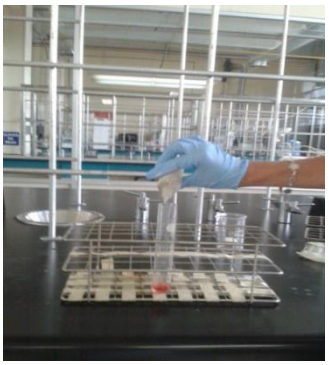


FIGURA 2. Se adiciona ácido clorhídrico concentrado HCl

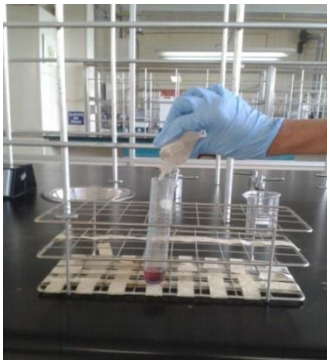


FIGURA 3. Se continúa adicionando clorhídrico concentrado HCl

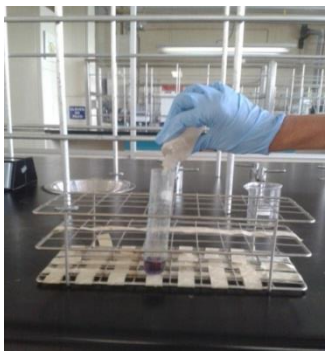


FIGURA 4. Se continúa adicionando clorhídrico concentrado HCl

FIGURA 5. ¿Qué ha ocurrido? ¿Qué contiene el tubo de ensaye?

FIGURA 6. Ahora se le agrega agua, ¿Qué está sucediendo?

FIGURA 7. ¿Qué ha ocurrido? ¿Qué contiene el tubo de ensaye?