

EL ABP Y EL DIAGRAMA HEURÍSTICO COMO HERRAMIENTAS PARA DESARROLLAR LA ARGUMENTACIÓN ESCOLAR EN LAS ASIGNATURAS DE CIENCIAS

The PBL and the heuristic diagram as tools for developing school argumentation in science classes

Yosajandi Pérez Campillo¹ • José Antonio Chamizo Guerrero²

Resumen: En los últimos años se ha reconocido la importancia de la argumentación escolar en las asignaturas de ciencias, siendo el modelo de argumentación de Toulmin uno de los más aceptados. En la presente investigación, enmarcada en el Aprendizaje Basado en Problemas, (ABP) sobre el tema de minerales con alumnos de química del bachillerato mexicano, se introduce una nueva herramienta denominada Diagrama Heurístico que facilita adquirir la competencia argumentativa.

Palabras clave: Ensino de ciencias. Argumentación. Diagrama heurístico. ABP. Ensino de química. Toulmin.

Abstract: In recent years the importance of argumentation in school science has been recognized, the Toulmin model of argumentation being one of the most accepted. In the present investigation, framed by the Problem-Based Learning (PBL) on the theme of minerals with high school chemistry students from Mexico, we introduce a new tool called the Heuristic Diagram that facilitates the acquisition of the argumentative competence.

Keywords: Science teaching. Argumentation. Heuristic diagram. PBL. Chemistry teaching. Toulmin.

¹ Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Escuela Nacional Preparatoria n. 7, Calzada de la Viga n. 54, Merced Balbuena, Venustiano Carranza, C. P. 15810, Ciudad de México, México D.F. E-mail: idnajasoy@gmail.com

² Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Química, Departamento de Química Inorgánica y Nuclear, Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México D.F.

Introducción

La expresión verbal de las ideas requiere, primero reconocerlas, luego organizarlas, y después, discutir y validarlas, de tal manera que se contribuya –con esta expresión– a la construcción del propio conocimiento. Pero, cuando hablamos del conocimiento científico, se debe tener claro que éste tiene su propio lenguaje que posee características bien determinadas: es preciso, no ambiguo, riguroso, formal, impersonal y a menudo hipotético (SANMARTÍ, 2002), por lo que su aprendizaje se realiza inicialmente en la escuela. Este lenguaje se aprende pensando, leyendo, hablando y escribiendo, es decir, usándolo, por lo que es importante que estas actividades se realicen en el aula. Sin embargo, al analizar las demandas que los maestros hacen a los alumnos durante las clases de ciencias, se puede observar que lejos de dirigirlos al uso y aprendizaje de dicho lenguaje, en su mayoría las demandas se refieren a que los estudiantes “expliquen” algo, desde luego, sin que ellos hayan previamente ejercitado estrategias para lograr estas explicaciones. Así, los verbos o expresiones que los profesores suelen pedir son diferentes: *describe, explica por qué, razona, expón, argumenta, justifica, interpreta, resume, define, analiza, valora, etc.*, pero no se explica o discute qué significan estas expresiones ni se practica el dar respuesta a preguntas. Esta es una de las razones por la que para el alumnado es difícil aprender a elaborar explicaciones científicas, aunque sin duda, es una capacidad que debe promoverse en las clases. Uno de los géneros lingüísticos utilizados para este propósito es precisamente, la *argumentación*.

La argumentación en las clases de ciencias toma sentido no sólo para la explicación sino también ayuda a desarrollar la comprensión de los conceptos científicos, por ello, a continuación se describe una propuesta para el desarrollo de la argumentación con estudiantes de nivel medio superior a partir del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y el Diagrama Heurístico, con base en el modelo argumentativo de Toulmin. Cabe aclarar que este trabajo es sólo una parte de una tesis de maestría en docencia (PÉREZ, 2010). La secuencia didáctica que se propone en dicha tesis, está dividida en tres fases, cuyos propósitos e instrumentos de análisis se resumen a continuación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen de la secuencia didáctica sobre la que se trabaja la argumentación en ciencias

	Propósitos	Instrumentos recuperados para análisis
FASE I	<ul style="list-style-type: none"> – Diagnosticar conocimientos previos. – Introducir y motivar al tema. – Generar conocimientos básicos para la elaboración de preguntas de investigación. 	<ul style="list-style-type: none"> – Examen diagnóstico. – Reportes de visitas a museos. – Comentarios escritos de los estudiantes.
FASE II	<ul style="list-style-type: none"> – Formulación de pregunta de investigación. – Elaboración de Diagramas Heurísticos. – Solución del problema de investigación. 	<ul style="list-style-type: none"> – Preguntas iniciales. – Diferentes versiones del Diagrama Heurístico. – Comentarios escritos de los estudiantes.
FASE III	<ul style="list-style-type: none"> – Exposición del tema de investigación. – Evaluación del nivel de competencia argumentativa. – Evaluación del aprendizaje. 	<ul style="list-style-type: none"> – Carteles de exposición. – Ejercicio de argumentación sobre tema de investigación. – Examen final.

Fuente: Elaborado por los autores.

Como se ha mencionado, una parte de la Fase III es la que se considera en el presente artículo, enfocando el análisis hacia resultados del uso del Diagrama Heurístico para modificar el nivel de competencia argumentativa de los estudiantes. Los resultados de la Fase I acaban de ser publicados (PÉREZ; CHAMIZO, 2011).

Marco teórico

La argumentación en la ciencia escolar y el modelo argumentativo de Toulmin

En una sociedad moderna es necesario formar un alumnado crítico y capaz de decidir entre las diferentes propuestas o argumentos que se le presenten, de manera que pueda tomar decisiones en su vida común como ciudadanos. En otras palabras, para aprender ciencia – y particularmente química – en esta sociedad cambiante y con estudiantes del siglo XXI, es necesario aprender a hablar, escribir y leer ciencias de manera significativa, reconocer las diversas maneras de expresar un mismo significado, y las diferencias entre el lenguaje cotidiano y el científico. Sin embargo, hay que reconocer que esto no es tarea fácil dado que – como ya se ha dicho – el lenguaje empleado en las ciencias posee características bien determinadas, por lo que para ser aprendido se requiere de realizar actividades que favorezcan su comprensión y asimilación. Una de estas actividades es la *argumentación*.

La argumentación ha sido, históricamente, fundamental para el desarrollo del ser humano y de las ciencias. Se argumenta en distintos ámbitos: en el escolar, en el familiar, en el laboral, etc. pues es una de las operaciones mentales que el ser humano ha desarrollado para comunicarse, para evidenciar, plantear y resolver problemas, defender una postura, sustentar, llegar a acuerdos, propiciar consenso, convencer, debatir y tomar decisiones (DE LA CHAUSSEÉ, 2009; HARADA, 2009; PLANTIN, 2009; REVEL et al., 2005) y también para formar profesores (ISLAS; SGRO; PESA, 2009). Desde la perspectiva de la educación en ciencias, recientemente se ha puesto especial atención a este tema y se han realizado numerosos trabajos de investigación sobre la argumentación en las clases de ciencias, tal como puede apreciarse en publicaciones como *Alambique* (2010) y *Educación Química* (2009), que han dedicado números especiales al tema.

Pero, ¿qué es argumentación? Aunque hay cierta diversidad en la definición, de acuerdo con Plantin (2009, p. 39):

La argumentación es una operación que se apoya sobre un enunciado asegurado (aceptado) – el argumento – para llegar a un enunciado menos asegurado (menos aceptable) – la conclusión.

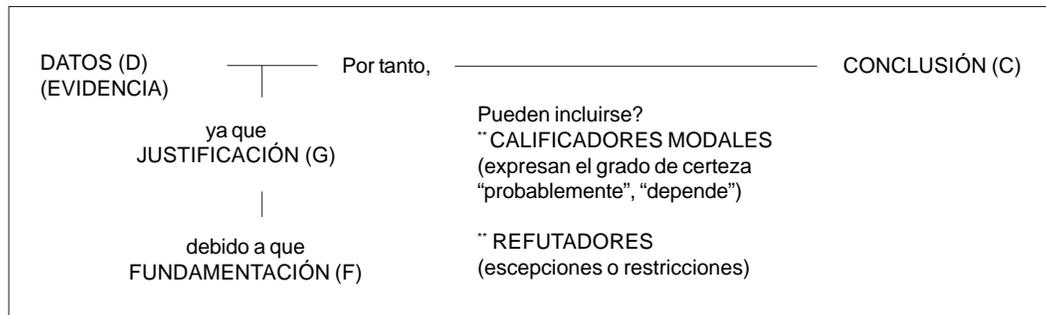
Argumentar es dirigir a un interlocutor un argumento, es decir una buena razón para hacerle admitir una conclusión e incitarlo a adoptar los comportamientos adecuados.

La argumentación, puede entenderse también como “la evaluación del conocimiento a partir de las pruebas disponibles” (JIMENEZ-ALEIXANDRE; PUIG, 2010, p. 11) por ello, para que haya argumentación, tiene que haber conocimiento sometido a evaluación, en este caso, conocimiento científico, y pruebas para confirmarlo o refutarlo. La argumentación puede realizarse en distintos contextos: teóricos, empíricos, elección de modelos explicativos, toma de decisiones, confirmación de predicciones o evaluación crítica de enunciados, entre otros. De ellos, el que interesa particularmente para este trabajo es la evaluación de modelos explicativos, de explicaciones causales. En estos contextos interaccionan el uso de pruebas para evaluar el conocimiento (la competencia de usar pruebas) y el aprendizaje de ciencias (alfabetización científica) (JIMENEZ-ALEXAINDRE; PUIG, 2010). En otras palabras, lo que se requiere es desarrollar una competencia argumentativa.

Se entiende por *competencia argumentativa* la habilidad y voluntad de elaborar discursos orales y escritos, en los que se aporten pruebas o razones con la finalidad de convencer a otros, de alguna conclusión u opinión, entre varias posibles (SOLBES; RUIZ; FURIÓ, 2010). Para poder evaluar el nivel de competencia argumentativa de los estudiantes es necesario tener un marco de referencia sobre el modelo argumentativo que habrá de seguirse, pues existen distintas perspectivas al respecto, por ejemplo los modelos de Van Dijk (1978 apud SARDÀ; SANMARTÍ, 2000), Adam (1992 apud SARDÀ; SANMARTÍ, 2000) o Toulmin (1993 apud SARDÀ; SANMARTÍ, 2000). Para nuestra propuesta, se toma como referente el *modelo argumentativo de Toulmin* (CHAMIZO, 2007).

De acuerdo con Henao y Stipcich (2008), 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*.

El *modelo de argumentación de Toulmin* se basa en el establecimiento de una afirmación o *conclusión* (C) y en el aporte de *datos* (D) como elementos justificativos de dicha afirmación. Para realizar la aseveración se necesita un puente: específicamente, proposiciones que relacionen y justifiquen el tránsito de los datos a las conclusiones, denominadas como *justificaciones* (G). En general no hay una diferencia tajante entre el dato y la justificación; además, éstas últimas constituyen diferentes clases, cada una de las cuales otorga una fuerza distinta a las conclusiones y hace necesario que se incluya el *modalizador* (M), es decir, un adverbio que relativiza la conclusión. Para el caso en que la justificación no alcance o ponga en duda los argumentos, se tiene que dar una *fundamentación* (F), es decir, nuevos justificativos: enunciados categóricos sobre hechos. Sin embargo, puede haber casos en que los datos no lleven a la conclusión y entonces se recurre a las excepciones, llamadas *refutaciones* que permiten evaluar la fuerza de los argumentos (GARCÍA; VALEIRAS, 2010). El esquema del modelo de argumentación de Toulmin se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Esquema del modelo de argumentación de Toulmin

Fuente: Sardà; Sanmartí (2000).

En términos generales, según este modelo, en una argumentación, a partir de unos *datos* obtenidos o de unos fenómenos observados *justificados* de forma relevante en función de razones *fundamentadas* en el conocimiento científico aceptado se puede establecer una afirmación o *conclusión*. Esta afirmación puede tener apoyo de los *calificadores modales* y de los *refutadores* o excepciones. Este modelo de Toulmin adaptado a la práctica escolar, permite reflexionar con los estudiantes sobre la estructura del texto argumentativo y aclarar sus partes, poniendo énfasis en las relaciones lógicas que debe haber entre ellas (CHAMIZO, 2007).

El ABP y el Diagrama Heurístico

Entendemos por ABP un proceso multidimensional en el que operan aspectos cognitivos pero también emocionales, culturales y sociales, que ha ido sustituyendo el interés inicial por la resolución de problemas mecanizados, por problemas reales, interdisciplinarios, profesionales, con múltiples soluciones y estrategias diversas de resolución (COUSO; IZQUIERDO; RUBILAR, 2008; DÍAZ-BARRIGA; HERNÁNDEZ, 2002). La enseñanza desde esta perspectiva pretende poner acento en actividades que plantean situaciones problemáticas cuya resolución requiere analizar, descubrir, elaborar hipótesis, confrontar, reflexionar, argumentar y comunicar ideas para lograr el aprendizaje de los estudiantes. Ahora bien, si la estrategia propuesta es el ABP, es necesario establecer lo que es un *problema*. En este sentido, conviene decir que varios autores han esbozado diferentes definiciones de lo que es un problema, pero todas ellas tienen algo en común: la novedad de la situación y el interés por resolverla (CABALLER; OÑORBE, 1997; CÓRDOVA, 2005; IRAZOQUE, 2005; NEWELL; SIMON, 1972). Estos dos factores también se aplican dentro del ámbito del aula de ciencias, ya que lo que constituye un problema de ciencia escolar es aquello que lleve a un intento de resolución por parte del alumno y en donde se pongan en marcha sus conocimientos conceptuales y procedimentales (COUSO; IZQUIERDO; RUBILAR, 2008). Las condiciones que deben cumplirse para que exista un problema son: a) una pregunta o cuestión, b) deseo y motivación por resolverla y c) un reto en el que la estrategia de solución no resulte evidente.

Como vemos, lo esencial para este tipo de aprendizaje es tener una pregunta que responder. Sin embargo no todo es plantear el problema, pues una vez formulada la pregunta

que de alguna manera concreta un problema de investigación, la mejor estrategia para abordar su resolución es a través de estrategias heurísticas, es decir, estrategias que se comportan como recursos organizativos del proceso de resolución, que contribuyen especialmente a determinar la vía de solución del problema abordado. Una de las estrategias más usadas en la docencia parece ser la diseñada hace unos años por Gowin (NOVAK; GOWIN, 1984) a través de la famosa Ve epistemológica o heurística, en la que se considera el hacer (la metodología) y el pensar (los conceptos, la filosofía, etc.).

En el trabajo que aquí se describe, se trabaja con una modificación de esta herramienta. Los primeros dos cambios a la Ve son la forma y el nombre: Diagrama Heurístico (CHAMIZO; GARCÍA-FRANCO, 2013; CHAMIZO; IZQUIERDO, 2007). El siguiente cambio corresponde a la parte conceptual, el pensar, donde se ha introducido una modificación inspirada en la definición de problema de Toulmin. Para él los conceptos científicos desarrollados a lo largo de la historia integran una complejidad tal, que es necesario distinguir en ellos tres aspectos diferentes, tres características que permitirán utilizarlos, particularmente en el espacio educativo, de mejor manera: el lenguaje, las técnicas de representación y los procedimientos de aplicación de la ciencia (CHAMIZO; IZQUIERDO, 2007; CHAMIZO, 2007). En la Figura 2 se muestra un Diagrama Heurístico vacío. Para completarlo hay que indicar antes que nada el tema del cual se tratará la investigación. La siguiente sección pide que se reconozcan los hechos. Un hecho acerca del mundo es una afirmación (que no contiene valores) acerca del mundo, en la que coinciden diversas personas (por ejemplo, el cielo es azul, las mariposas tienen alas o los ácidos queman). Con los hechos se construye una pregunta (idealmente abierta) que para responderse requiere de una determinada metodología. Así hay que indicar el procedimiento escogido para responder la pregunta, procesar los datos obtenidos y alcanzar una conclusión de los mismos. La conclusión no es la respuesta a la pregunta, ya que para serlo se necesita incorporar los conceptos y el modelo. Lo más “simple” del Diagrama Heurístico, es reconocer las aplicaciones de lo que estamos investigando. Además, el lenguaje permite iniciar el más complejo proceso de explicación que se concreta con la identificación o proposición de un determinado modelo. El modelo da el sustento teórico de la explicación de la pregunta y debe ser parte de la respuesta (CHAMIZO, 2010).

Metodología

Para la aplicación de esta propuesta, se trabajó con un grupo de quinto año de bachillerato de la asignatura de Química III de la Escuela Nacional Preparatoria de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, en la ciudad de México) constituido por 45 alumnos, quienes trabajaron agrupados en 11 equipos de cuatro y cinco integrantes sobre el tema de Minerales.

Como se ha mencionado anteriormente, antes de que pueda evaluarse el nivel de competencia argumentativa de los estudiantes, es necesario que se generen los temas que los alumnos abordarán para su estudio, para ello se realizan las actividades de las Fases I y II de la secuencia propuesta.

Figura 2. Diagrama Heurístico

Diagrama Heurístico sobre:		PTS
HECHOS		
PREGUNTA		
CONCEPTOS	METODOLOGIA	0
Aplicaciones	Procedimiento para la obtención de datos	
Lenguaje	Procesamiento de los datos para obtener un resultado	
Modelo	Análisis y/o conclusión derivado de los datos	
RESPUESTA O RESULTADO		
REFERENCIAS De los hechos: De los conceptos: De la metodología:		
Autoevaluación (total de puntos)/ 20 puntos posibles		

Fuente: Chamizo (2007).

Sin embargo, para los propósitos del presente artículo, lo que conviene señalar es que para que los estudiantes puedan argumentar sobre un tema, es necesario:

- 1) Que se hayan planteado una pregunta (que concreta el problema) sobre un tema particular, en este caso minerales.
- 2) Que hayan dado respuesta a su pregunta a través de una investigación y que expliciten el resultado a través de alguna herramienta (en este caso el Diagrama Heurístico).
- 3) Que hayan aprendido sobre ese tema en particular.

Las preguntas (o problemas) que plantearon los estudiantes para su investigación se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Preguntas planteadas por los estudiantes para su investigación a través del uso del Diagrama Heurístico

Equipo ³	Pregunta
Guapísimos químicos	¿Por qué hay tanta diversidad en los procesos de extracción del diamante?
Totopos	¿Por qué motivo los minerales presentan tan variada coloración?
Grifos	¿Por qué es imposible, químicamente, que exista la piedra filosofal?
Equipo	¿Cuál es el mejor proceso de reciclado del cobre?
Chocoretas	¿Por qué hay estalagmitas?
Copines	¿Por qué actualmente se le da al oro importancia a nivel económico?
AH1N1	¿Por qué es más utilizado el hierro en la construcción?
Hooligans	¿A qué se debe la coloración de los fuegos artificiales?
Friends	¿Por qué las condiciones de enfriamiento del magma intervienen en la cristalización de los minerales?
Sobrinos del tío Gamboín	¿Por qué es importante la plata para el sector económico de México?
Sobrevivientes de Balderas	¿Por qué las formas del carbono tienen diferentes propiedades?

³ Es importante aclarar que se les pidió a los alumnos que le pusieran nombre a su equipo: los nombres que aparecen en la columna son los escogidos por ellos, de modo que a lo largo de la descripción de los resultados aparecerán reiteradamente algunos de estos nombres.

Fuente: Elaborado por los autores.

Evaluación del nivel de competencia argumentativa

Para la evaluación de la competencia argumentativa primero fue necesario proporcionar a los alumnos una introducción sobre lo que significa argumentar y las partes básicas de la argumentación. Para esto se destinó una sesión para hablar sobre el tema de la argumentación a partir de la información que se muestra en el Anexo A. En clase se trabaja con los ejercicios mostrados y se pide que los estudiantes realicen un ejercicio de argumentación. Después de

esta introducción y de haber concluido con la elaboración del Diagrama Heurístico, se pide a los alumnos que realicen un ejercicio de argumentación sobre sus propias conclusiones del tema de investigación. El objetivo de esta prueba es observar el nivel de competencia argumentativa a partir del uso del Diagrama Heurístico. Para ello se les proporciona un formato (Figura 3) en el que a partir de una conclusión deben identificar los datos o hechos, la justificación, las refutaciones y finalmente, escribir una argumentación completa para la conclusión propuesta.

Figura 3. Formato para ejercicio de argumentación con uso del Diagrama Heurístico

QUÍMICA III		Fecha:
NOMBRE: _____		EQUIPO:
CONCLUSIÓN		
EVIDENCIAS (DATOS):	JUSTIFICACIÓN:	REFUTACIÓN:
ARGUMENTACIÓN COMPLETA:		
<p>RECUERDA: CONCLUSIÓN: Enunciado que debe ser sustentado o desaprobado. DATOS: Hechos o informaciones (que pueden derivar de observaciones, experimentos, etc.) que se usan para evaluar una conclusión. JUSTIFICACIONES: Son razones (reglas, principios, modelos) que se proponen para relacionar los datos con la conclusión. REFUTADORES: son las excepciones a la conclusión pero que le dan fuerza.</p>		

Fuente: modificado de Jiménez-Aleixandre; López Álvarez (2009).

La evaluación del nivel de competencia argumentativa se hace a partir del análisis de las argumentaciones escritas por los estudiantes identificando los diferentes componentes que estén conectados mediante relaciones lógicas correctas para, después, calificar la argumentación en función de la diversidad de los componentes utilizados (SOLBES; RUIZ; FURIÓ, 2010). Los componentes que se deben encontrar en las argumentaciones de acuerdo a la adaptación del modelo de Toulmin, son:

- *Datos*: pruebas o hechos que sirven como base para la justificación y pueden ser de diferentes tipos: empíricas, hipotéticas, experimentales, etc.
- *Justificaciones o razones principales*: reglas o principios que permiten pasar de los datos a la conclusión o afirmación de la argumentación.
- *Refutaciones u objeciones*: son razones que cuestionan la validez de alguna parte de la argumentación.
- *Conclusiones*: afirmaciones o aseveraciones cuya validez se requiere demostrar.

Y para determinar el nivel de competencia argumentativa se toman en cuenta las categorías establecidas por Erduran, Simon y Osborne (2004) que van desde el nivel 1 al 5, en sentido creciente de calidad (Cuadro 3).

Debido a que este método se aplica a las argumentaciones que se hacen de manera oral y en presencia de un interlocutor, para poder aplicarlo a este trabajo, las categorías se modificaron y redujeron a cuatro niveles debido a que las argumentaciones se hacen de manera escrita (Cuadro 4).

Cuadro 3. Niveles de competencia argumentativa

Nivel 1	Una conclusión frente a una contra-conclusión u otra conclusión.
Nivel 2	Una conclusión frente a otra con datos, justificación pero sin ninguna refutación.
Nivel 3	Argumentaciones completas con refutaciones débiles ocasionales.
Nivel 4	Aparece alguna refutación fuerte que cuestiona algún componente de la argumentación del interlocutor.
Nivel 5	La argumentación muestra un discurso extenso con más de una refutación fuerte, los participantes aportan refutaciones y contra-refutaciones justificadas.

Fuente: de acuerdo con Erduran; Simon; Osborne (2004).

Cuadro 4. Niveles de competencia argumentativa consideradas por los autores

Nivel 1	Una conclusión frente a una contra-conclusión u otra conclusión.
Nivel 2	Una conclusión frente a otra con datos, justificación pero sin ninguna refutación.
Nivel 3	Argumentaciones completas con refutaciones débiles ocasionales.
Nivel 4	La argumentación muestra un discurso extenso con más de una refutación fuerte.

Fuente: Elaborado por los autores.

Esta evaluación se hace con un primer ejercicio relacionado al tema de su Diagrama Heurístico. En la primera parte, además de evaluar la competencia argumentativa (HARADA, 2009; SOLBES; RUIZ; FURIÓ, 2010), se pretende vincular el Diagrama Heurístico como herramienta para la argumentación de acuerdo al modelo de Toulmin (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; LÓPEZ ÁLVAREZ, 2009; SARDÀ; SANMARTÍ, 2000; SOLBES; RUIZ; FURIÓ, 2010) y para ello se diseñó el ejercicio que se muestra en la Figura 3.

En la parte de “conclusión” se dio para cada equipo, una de las conclusiones a las que ellos mismos llegaron en su propio Diagrama Heurístico, para responder a la pregunta que construyeron en su investigación.

Resultados

Las conclusiones relacionadas a las preguntas de cada equipo y que corresponden a las respuestas de las mismas se muestran en el Cuadro 5. Como vemos en el formato (Figura 3), después de leer la conclusión, los estudiantes debían identificar: evidencias (datos), justificación, refutaciones (si las había) y finalmente dar una argumentación completa a partir de los tres apartados anteriores. Todo esto con la ayuda de su Diagrama Heurístico.

Cuadro 5. Conclusiones tomadas del Diagrama Heurístico de cada equipo para el ejercicio de argumentación

Equipo ⁴	Conclusión ⁵
Guapísimos químicos	“Hay una gran variedad de procesos de extracción de los diamantes”
Totopos	“Los minerales presentan una variada coloración debido a la presencia de centros de color en su estructura, al estado de oxidación de los elementos que lo componen, a las inclusiones e impurezas de éstos y a la estructura de red cristalina que presenten”
Grifos	“No es posible la existencia de la piedra filosofa”
Equipo	“El mejor método para el reciclado del cobre es el de fundición”
Chocoretas	“Las estalagmitas se forman por la cristalización de carbonato de calcio”
Copines	“Actualmente, el oro es de gran interés económico a nivel internacional”
AH1N1	“El hierro es el metal más usado en las construcciones”
Hooligans	“El color de los fuegos artificiales se debe a la combustión de sales metálicas”
Friends	“El enfriamiento del magma es determinante para la formación de cristales minerales”
Sobrinos del tío Gamboín	“La producción de plata no es trascendental para la economía de México”
Sobrevivientes de Balderas	“El carbono es un mineral alotrópico”

⁴ Como se ha dicho, los nombres que aparecen aquí, corresponden a los nombres de los equipos de estudiantes.

⁵ Para facilitar la lectura de los textos de los estudiantes, se han corregido los errores ortográficos en la transcripción.

Fuente: Elaborado por los autores.

Lo que puede observarse en los textos de los estudiantes es que con su Diagrama Heurístico es relativamente fácil que identifiquen las *Evidencias o datos* pues éstos son obtenidos tanto de los *Hechos*, las *Aplicaciones* y los propios datos obtenidos por ellos en su investigación (la *Metodología* en el Diagrama). A continuación se transcriben un par de los mejores ejemplos del apartado “Evidencias” (Cuadros 6 y 7).

Cuadro 6. Ejemplo 1 del apartado “Evidencias”

Conclusión: “El color de los fuegos artificiales se debe a la combustión de las sales metálicas”
Evidencias (datos): “Si se observan los fuegos artificiales se puede notar que éstos al entrar en contacto con el fuego producen iluminaciones de muy variados colores; por lo que al experimentar con varias sales metálicas, al entrar en combustión notamos que producían flamas distintas dependiendo de cuál empleáramos, por lo que supusimos y comprobamos después que los fuegos artificiales dependiendo de las sustancias para su elaboración empleadas, cambian de color”.

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 7. Ejemplo 2 del apartado “Evidencias”

Conclusión: “Hay una gran variedad de procesos de extracción de los diamantes”
Evidencias (datos): “El diamante es un mineral muy valorado debido a sus propiedades. Se han encontrado diferentes minas con distintas características y una gran variedad de diamantes”.

Fuente: Elaborado por los autores.

En el caso de la *Justificación*, la situación es un poco distinta pues esta justificación deriva del *Modelo* descrito en el Diagrama, y dado que en la mayoría de las investigaciones no fue fácil encontrar el modelo específico que ayudara a explicar la respuesta, esta parte de la argumentación quedó incompleta y en algunos casos incorrecta. Cabe señalar que aún cuando para Jiménez-Aleixandre y Puig (2010, p. 13) “el objetivo esencial de la argumentación es la participación del alumnado en las prácticas científicas de construir, evaluar y revisar modelos”, no significa que al no haber identificado claramente un modelo en los Diagramas Heurísticos los alumnos no hayan comprendido que es justamente el modelo (científico, filosófico, histórico, etc.) el que justifica y soporta teóricamente lo que están argumentando. Como podemos observar en los siguientes ejemplos, varios de los alumnos pudieron identificar que lo que debían escribir en ese apartado era el sustento teórico, de este modo aunque con deficiencias (tanto de conocimiento como de comprensión), escribieron una justificación aceptable (Cuadros 8 y 9).

Finalmente, la *Refutación* fue la parte más compleja de identificar pues para poder tener excepciones se requiere un amplio conocimiento del tema del que se está hablando. Además, estas excepciones no necesariamente aparecen en el Diagrama Heurístico por lo que los alumnos debían pensar un poco más y partir de su conocimiento individual del tema para responder a este apartado. Del total de los alumnos que resolvieron este ejercicio, el 13.5% no escribieron nada, el 40.5% escriben algo incorrecto que no tiene nada que ver con una refutación, el 19% escriben algo incompleto o mal redactado respecto a las excepciones y el 27% escriben lo más parecido a una refutación (Cuadro 10).

Cuadro 8. Ejemplo 1 del apartado “Justificación”

<p>Conclusión: “Las estalagmitas se forman por la cristalización del carbonato de calcio”</p>
<p>Evidencias (datos): – “Las estalagmitas se forman por la filtración de agua con minerales (CaCO_3) que al escurrir deja estos minerales y al acumularse estos forman estalactitas; y al mismo tiempo el agua al caer forma las estalagmitas de abajo hacia arriba. – Éstas crecen 2.5 cm cada 100 o 150 años. – Las estalactitas son huecas, cilíndricas y de poco espesor (caen). – Las estalagmitas son sólidas.”</p>
<p>Justificación: “Se puede saber que las estalagmitas se forman por la cristalización de CaCO_3 ya que de acuerdo al Modelo de Cristalización El cual dice: ‘La operación de cristalización es aquella que por medio de la cual se separa un componente (en este caso CaCO_3) de una solución líquida (H_2O) transfiriéndolo a la fase sólida en forma de cristales que precipitan’ y forman las estalactitas y estalagmitas”.</p>

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 9. Ejemplo 2 del apartado “Justificación”

<p>Conclusión: “El mejor método para el reciclado del cobre es el de fundición”</p>
<p>Evidencias (datos): – “El cobre es de gran importancia económica. – Hay dos métodos de reciclado [de cobre]: fundición y electrólisis. – Fundición utiliza menos cosas (maquinaria). – Electrólisis utiliza más cosas (sustancias, maquinaria)”</p>
<p>Justificación: “De acuerdo a un modelo económico, el proceso de fundición necesita menos capital que otro proceso como es el de electrólisis. Esto debido a la maquinaria utilizada, la cual en fundición es mínima”.</p>

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 10. Ejemplo del apartado “Refutación”

<p>Conclusión: “Hay una gran variedad de procesos de extracción de los diamantes”</p>
<p>Evidencias (datos): – “El diamante es un mineral muy valorado debido a sus propiedades. – Se han encontrado diferentes minas con distintas características y una gran variedad de diamantes.”</p>
<p>Justificación: – “Los diamantes van a formarse en diferentes condiciones del medio. – A mayor profundidad, mayor tamaño y a menor profundidad, menor tamaño.”</p>
<p>Refutación: “Excepto en los diamantes sintéticos (artificiales) ya que estos son hechos por el hombre y no naturalmente”.</p>

Fuente: Elaborado por los autores.

A partir de la argumentación completa que escriben los alumnos, es posible medir el nivel de competencia argumentativa partiendo de las categorías antes mencionadas. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de la medición del nivel de competencia argumentativa

% de alumnos	
Nivel 1	11
Nivel 2	57
Nivel 3	32
Nivel 4	0

Fuente: elaborado por los autores.

Lo que se puede analizar en estos resultados es que la mayoría de los estudiantes tienen Nivel 2 de competencia argumentativa, es decir, pueden identificar datos y justificaciones pero no refutaciones. Pocos son los estudiantes que sólo escriben la conclusión sin justificación (Nivel 1) y esto puede deberse a la poca participación que tuvieron en la elaboración del Diagrama⁶ (recordemos que fue hecho en equipo) y por lo tanto tenían poco conocimiento del tema. Esto coincide con los resultados de Solbes, Ruiz y Furió (2010, p. 73), en los que se manifiesta que “los alumnos tienen un nivel muy bajo de competencia argumentativa [...] sólo uno de cada tres grupos ha conseguido nivel 4...” Sin embargo, en nuestro caso, es importante que una tercera parte de los estudiantes alcanzó el Nivel 3, considerando que sólo se dedicaron dos sesiones de 100 minutos para el desarrollo de esta competencia argumentativa⁷. Una de las posibles razones de este hecho es la construcción del propio Diagrama Heurístico y las habilidades desarrolladas por los alumnos en la elaboración del mismo que les permiten entender, ordenar y estructurar los diferentes componentes, propuestos por Toulmin, en su modelo de argumentación.

Conclusiones

Respecto a la argumentación, se puede decir que con la aplicación de esta propuesta, los estudiantes aprenden, además de los conceptos propios del tema, un esquema básico de lo que es argumentar y comprenden la importancia de hacerlo. Hay que recordar que la argumentación es una habilidad que se va desarrollando a partir del mejor conocimiento que se tiene de

⁶Esto pudo apreciarse en las reuniones de revisión hechas entre los integrantes del equipo y la profesora: al cuestionarlos, algunos sabían más del tema, contribuían con más información o preguntas, mientras que otros no.

⁷Sin embargo, cabe señalar que la investigación que realizan los estudiantes con apoyo en el Diagrama Heurístico se realiza en tres semanas (que implican 6 sesiones de clase de 100 minutos).

un determinado tema y con el ejercicio continuo de pensar sobre él y reelaborar dicho conocimiento, por lo que sería muy pretencioso esperar que bajo el contexto de este trabajo, los estudiantes tuvieran un nivel de competencia argumentativa alto; sin embargo, lo que sí puede concluirse es que al conocer y trabajar con el Diagrama Heurístico y a partir del modelo argumentativo de Toulmin, los estudiantes aprenden un esquema básico de las partes constitutivas de una argumentación y cómo éstas pueden ayudar a generar argumentaciones válidas, en un tiempo relativamente corto. De este modo, el aprendizaje de la ciencia – de la química – es percibido por los estudiantes como algo que sirve para dar explicaciones de los fenómenos que observan, con base en pruebas y no a partir de creencias.

Referencias

- ALAMBIQUE: didáctica de las ciencias experimentales. Barcelona: Graó, v. 17, n. 63, 2010.
- CABALLER, M. J.; OÑORBE, A. Resolución de problemas y actividades de laboratorio. In: DEL CARMEN, L. (Coord.). **La enseñanza y el aprendizaje de la ciencias de la naturaleza en la educación secundaria**. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1997. (Cuadernos de formación del profesorado, 9).
- CHAMIZO, J. A. Heuristic diagrams as a tool to teach history of science. **Science & Education**, Dordrecht, v. 21, n. 5, p. 745-762, 2012.
- _____. Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, Cádiz, v. 7, n. 1, p. 26-41, 2010.
- _____. Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 25, n. 1, p. 133-146, 2007.
- CHAMIZO, J. A.; GARCÍA-FRANCO, A. Heuristics diagrams as a tool to formatively assess teachers' research. **Teachers and Teaching: theory and practice**, London, v. 19, n. 2, p. 135-139, 2013.
- CHAMIZO, J. A.; IZQUIERDO, M. M. Evaluación de las competencias de pensamiento científico. **Alambique: didáctica de las ciencias experimentales**, Barcelona, n. 51, p. 9-19, 2007.
- CÓRDOVA, J. L. El arte de resolver problemas. **Educación Química**, México, v. 16, n. 2, p. 260-278, 2005.
- COUSO, D.; IZQUIERDO, M.; RUBILAR, C. La resolución de problemas. In: RUBILAR, C. et al. (Coord.). **Área y estrategias de investigación en la didáctica de las ciencias experimentales**. Madrid: UAB, 2008. p. 59-81. (Colección Formación en investigación para profesores, 1).
- DE LA CHAUSSÉE, M. E. Las estrategias argumentativas en la enseñanza y el aprendizaje de la química. **Educación Química**, México, v. 20 n. 2, p. 143-155, 2009.

- DÍAZ-BARRIGA, F.; HERNÁNDEZ, G. **Estrategias docentes para un aprendizaje significativo**: una interpretación constructivista. 2. ed. México: McGraw-Hill, 2002.
- EDUCACIÓN Química. México: Universidad Nacional Autónoma de México, v. 20, n. 2, 2009.
- ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. **Science Education**, Hoboken, v. 88, n. 6, p. 915-933, 2004.
- GARCÍA, L.; VALEIRAS, N. Lectura y escritura en el aula de ciencias: una propuesta para reflexionar sobre la argumentación. **Alambique**: didáctica de las ciencias experimentales, n. 63, p. 57-64, 2010.
- HARADA, E. Algunas aclaraciones sobre el 'modelo' argumentativo de Toulmin. **Contactos**, México, n. 73, p. 45-56, 2009.
- HENAO, B.; STIPCICH, M. 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 la Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 7, n. 1, p. 47-62, 2008.
- IRAZOQUE, G. Más problemas, ¿para qué? **Educación Química**, México, v. 16, n. 2, p. 279-283, 2005.
- ISLAS, S. M.; SGRO, M. R.; PESA, M. A. La argumentación en la comunidad científica y en la formación de profesores de física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 15, n. 2, p. 291-304, 2009.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; PUIG, B. Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencia: el caso de la inteligencia. **Alambique**: didáctica de las ciencias experimentales, Barcelona, n. 63, p. 11-18, 2010.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; LÓPEZ ÁLVAREZ, A. **Resources for introducing argumentation and the use of evidence in science classrooms**. Santiago de Compostela: Danú, 2009.
- NEWELL, A.; SIMON, H. A. **Human problem solving**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1972.
- PÉREZ, Y. **Aprendizaje basado en la solución de problemas**: una propuesta de aplicación de la definición de problema de Toulmin para abordar el tema minerales, ¿la clave de la civilización? 2010. 224 f. Tesis (Maestría en Docencia para para la Educación Media Superior, Química) – Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 2010.
- PÉREZ, Y.; CHAMIZO, J. A. Los museos: un instrumento para el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). **Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, Cádiz, v. 8, n. 3, p. 312- 322, 2011.
- PLANTIN, C. **La argumentación**. Barcelona: Ariel, 2009.

REVEL, A. et al. Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, 2005. (Número extra).

SANMARTÍ, N. **Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria**. Madrid: Síntesis, 2002.

SARDÀ, A.; SANMARTÍ, N. Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 18, n. 3, p. 405-422, 2000.

SOLBES, J.; RUIZ, J.; FURIÓ, C. Debates y argumentación en las clases de física y química, **Alambique: didáctica de las ciencias experimentales**, Barcelona, n. 63, p. 65-75, 2010.

Anexo A. Material proporcionado a los estudiantes en la sesión de introducción a la argumentación

Elementos básicos para la argumentación en ciencias

CONCLUSIÓN: Enunciado que debe ser sustentado o desaprobado.

DATOS: Hechos o informaciones (que pueden derivar de observaciones, experimentos, etc.) que se usan para evaluar una conclusión.

JUSTIFICACIONES: Son razones (reglas, principios, modelos) que se proponen para relacionar los datos con la conclusión.

REFUTADORES: son las excepciones a la conclusión pero que le dan fuerza.

Ejemplo 1:

(Información adicional: Un conductor eléctrico es aquel cuerpo que puesto en contacto con un cuerpo cargado de electricidad transmite ésta a todos los puntos de su superficie. Generalmente elementos, aleaciones o compuestos con electrones libres que permiten el movimiento de cargas).

CONCLUSIÓN:		
"El agua no es un conductor de la electricidad"		
EVIDENCIAS	JUSTIFICACIONES	REFUTADORES
ARGUMENTACIÓN FINAL:		

Ejemplo 2:

CONCLUSIÓN:		
"El cuarzo ahumado representa el inconsciente y la intuición"		
EVIDENCIAS	JUSTIFICACIONES	REFUTADORES
ARGUMENTACIÓN FINAL:		

Artigo recebido em 08/10/12. Aceito em 20/05/13.