



Implementación y evaluación de la habilidad de argumentación en las clases de química del bachillerato

José Manuel Montaña Hilario¹ y Kira Padilla Martínez²

Resumen

El desarrollo de habilidades de pensamiento científico se ha vuelto cada vez más importante en la enseñanza de las ciencias. Sin embargo, es difícil que los estudiantes desarrollen más de una habilidad al mismo tiempo. En este trabajo se muestra la implementación de la habilidad de argumentación durante dos periodos de enseñanza de la química en el bachillerato, aunque se implementó el modelaje de forma paralela. Se utilizó la rejilla de argumentación de Toulmin para fomentar la reflexión en torno a la estructura del argumento. Los resultados se evaluaron a través de una rúbrica diseñada específicamente para ello. Los alumnos argumentan dependiendo del tipo de instrucciones planteadas, las cuales también definen el nivel de argumentación.

Palabras clave

habilidades de pensamiento científico, argumentación, bachillerato, química.

Teaching argumentation skill in chemistry high school courses

Abstract

The development of scientific thinking skills has become increasingly important in science education. However, it is difficult for students to develop more than one skill at the same time. This paper shows the implementation of argumentation, besides modeling was implemented at the same time, during two semesters of high school chemistry course. Toulmin's argumentation grid was applied to encourage reflection on the structure of the argument. The results were assessed through a rubric designed specifically for that purpose. We found that students argue according to the kind of teacher instruction; which also determined the kind of argument.

Keywords

scientific thinking skills, argumentation, high school, Chemistry.

¹ Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

² Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

Introducción

Las habilidades de pensamiento científico son consideradas fundamentales en la enseñanza de las ciencias, ya que son requeridas para promover el pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes (Zohar, 2006). Estas habilidades pueden modificar la estructura de pensamiento, dependiendo de las estrategias de enseñanza utilizadas por el docente; lo que significa que es necesario cambiar la enseñanza tradicional por una nueva forma de enseñanza cuyo objetivo sea que los estudiantes desarrollen habilidades de pensamiento científico (Zohar y Schwartz, 2005).

Para los docentes implica una gran responsabilidad, ya que deben ser conscientes del tipo de habilidades que se pretenden desarrollar y cómo fomentarlas en los estudiantes, además de poder desarrollar herramientas para evaluarlas de forma pertinente. Sin embargo, se ha visto que las creencias de los profesores, así como sus conocimientos, influyen en cómo se ejerce la práctica docente y sobre todo en los objetivos de aprendizaje que se tienen que cumplir (Padilla y Garriz, 2015). Desafortunadamente muchos programas curriculares se enfocan en la adquisición de contenidos conceptuales dejando de lado el desarrollo de habilidades de pensamiento científico, y en algunos otros casos, donde el programa curricular menciona específicamente la importancia del desarrollo de habilidades, se tiene la problemática de que el docente no reconoce poseer estas habilidades y por tanto es muy difícil que logren desarrollarlas en sus estudiantes (Orduña y Padilla, en proceso). Por lo que se vuelve una problemática para la planeación y el ejercicio docente en el aula. En este trabajo proponemos que la enseñanza de habilidades de pensamiento debe ser continuo y paralelo a lo largo de todo el curso escolar para lograr que los estudiantes adquieran un mejor desarrollo de éstas.

Marco teórico

Habilidades de pensamiento científico

En el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia se debe proveer un contexto específico, en el cual el objetivo es desarrollar el pensamiento tanto en su forma crítica como científica; si se hace énfasis en aprender a pensar entonces se promueve la formación integral de los alumnos (Zohar, 2006). Para desarrollar estas formas de pensamiento es necesario que los alumnos adquieran una serie de habilidades, que diversos autores (Zohar, 2004; Resnick, 1989) han denominado pensamiento de orden superior.

Zimmerman (2006) señala que tanto el pensamiento científico como crítico se alcanzan con el desarrollo de habilidades de pensamiento científico; las cuales se deben ir fomentando a lo largo de la formación de los estudiantes. Estas habilidades tienen en común los siguientes aspectos: el análisis, la aplicación, síntesis y resolución de problemas. (Zohar, 2006)

Las habilidades de pensamiento científico que se encuentran reportadas en la literatura, son: la formulación de preguntas, interpretación de la información, diseño de experimentos, argumentación, modelaje y uso de modelos, la indagación, resolución de problemas.

Para que los estudiantes desarrollen las habilidades de pensamiento científico es de suma importancia que los docentes las reconozcan, las identifiquen en ellos mismos y puedan desarrollar estrategias de enseñanza-aprendizaje, así como herramientas de evaluación necesarias para una retroalimentación entre los docentes y los estudiantes (Zimmerman, 2006; Zohar, 2004; Resnick, 1989; Zohar y Schwartz, 2005; Orduña y Padilla (en proceso)). También es importante el valor formativo que tales habilidades tienen en los alumnos, las cuales aunque se denominen "científicas" no son exclusivas de las clases de ciencias, por el contrario son habilidades que funcionan y son parte de la formación integral de cada individuo.

En este trabajo, entendemos a las habilidades de pensamiento científico como un conjunto de herramientas cognitivas que le permiten al alumno un acercamiento a los tópicos de la ciencia, pero también le permiten alcanzar una cultura científica relacionada con su contexto cotidiano (Zohar, 2006; Zimmerman, 2006).

Para el caso del presente trabajo de investigación se considera la habilidad de argumentación como núcleo central, dada su importancia en la comprensión de los fenómenos químicos; sin embargo, se evalúa el uso de modelos como una segunda habilidad que aparecerá dentro del aula conforme vayan adoptando la argumentación como eje central de la clase. A continuación, presentaremos una breve introducción a los modelos y la argumentación, como parte del marco teórico que sustenta esta investigación.

Modelos y modelaje

Los modelos son el resultado de la comprensión de una parte de la realidad cuyo proceso representacional se denomina modelaje (Chamizo, 2013). Los modelos son de utilidad ya que ayudan a definir las partes fundamentales de un proceso y nos permiten transmitirlo a los demás, lo que implica argumentar sobre la utilidad o funcionalidad del modelo. (Chamizo, 2013)

La acción del modelaje y el uso de modelos son habilidades de pensamiento científico, debido a que se toman las partes fundamentales de un proceso, fenómeno y/o suceso para dar alguna explicación; el modelaje implica conocer e identificar para transmitir una información.

Las ventajas que ofrece el uso de modelos es que permite al estudiante entender el papel de la representación en el proceso de investigación científica y transferir esta habilidad para mejorar la comprensión de conceptos específicos, así como entender que los modelos varían su capacidad de aproximación, explicación y predicción de fenómenos del mundo (Schwarz et al., 2005).

Por otra parte el modelaje presenta dos grandes ejes: el primero es que aprender a modelar está relacionado con la comprensión de conceptos desde un punto de vista histórico y el segundo que representa el poder predecir y explicar fenómenos asociados a la comprensión disciplinar (Krell et al., 2015).

En la enseñanza de la Química el uso de modelos es fundamental para la comprensión del nivel submicroscópico, sin embargo no se toma en cuenta que el alumnado ha aprendido y ha "usado" los modelos, sin que se les haga énfasis en: cómo se generan, cómo se realiza un modelo y cómo se usa un modelo; muchas de las respuestas que generan cuando "usan" modelos están asociadas a sus creencias, adoptan modelos que se les han impuesto (sin que los razonen) y que les ayudan a acreditar la clase de ciencias, pero no le encuentran

una utilidad práctica, ni sentido en su concepciones personales de diversos fenómenos. (Gilbert y Treagust, 2009; Erduran y Duschl, 2004; Caamaño, 2003 y Chamizo 2010).

Argumentación

La argumentación ha sido estudiada desde la antigua Grecia y ha sido comprendida como "el estudio de las razones dadas y utilizadas por las personas para justificar sus creencias y valores, y para influenciar el pensamiento y la acción de otros" (Encyclopedia of Rhetoric, 2006). Sin embargo, de lo que más se habla es del argumento "como el producto de consideraciones diseñadas para apoyar una conclusión...[..] y que puede ser el proceso de hacer y el producto de" (Oxford Dictionary of Philosophy, 2016). Justo en el sentido de *proceso de construcción* es la definición que dan Toulmin et al. (1979) en su libro "Introduction to reasoning" en donde definen a la argumentación como todo el proceso de "hacer afirmaciones, retarlas, darles sustento y producir razones, criticar esas razones, rebatir críticas y así sucesivamente." (p.14) es decir es visto como un ciclo en donde el proceso de generar argumentos se va fortaleciendo dado que, dicen, el argumento es "una serie de afirmaciones o premisas y razones interligadas entre sí y que establecen el contenido y la fuerza de la postura desde la cual una persona está argumentando" (p.14). Es decir, la argumentación es el proceso de pensamiento racional basado en la evidencia que utiliza diferentes teorías que lo soporten, reflejado como un argumento que, en ciencia, debe convencer a una comunidad. Kuhn (1993) sugiere que "pensar como argumento" es una actividad desarrollada por todos los individuos y que está basada en las creencias que las personas tienen, lo que las lleva a generar conclusiones que no siempre están basadas en la evidencia. En su estudio, Kuhn (1993), menciona que el pensamiento científico debe ser un objetivo en la enseñanza, ya que una vez adquirido nunca se pierde. En este sentido construye la idea de "Ciencia como argumento" en donde es importante enseñar a los estudiantes a generar argumentos basados en evidencia y no en creencias personales. De esta forma se considera a la argumentación como una habilidad de pensamiento superior que debe desarrollarse en los alumnos en el marco de la expresión de sus ideas y creencias (Heng et al; 2014; Xie, et al., 2012; Yun, et al., 2015; Crowell y Kuhn, 2014; Jiménez-Alexandre, 2007).

La argumentación es parte de la Naturaleza de la Ciencia (NdC), ya que engloba características del conocimiento científico y su desarrollo tales como: la discusión, la confrontación de hipótesis y su aceptación o refutación con evidencias experimentales, que permiten darle sustento a modelos creados, y sirve para discutir con las ideas de los pares sobre un mismo fenómeno (Sampson y Clark, 2009).

La argumentación es un pilar de la educación científica y permite el acceso a la llamada alfabetización científica, debido a que la participación de los estudiantes en prácticas argumentativas les ayuda a entender cómo se genera el conocimiento científico, su justificación y la evaluación del mismo, así como su aplicabilidad para resolver problemas (Heng et al; 2014).

Para que los alumnos conozcan, practiquen y desarrollen la argumentación, primero deben ser los docentes quienes comprendan el ejercicio de esta habilidad, ya que es parte integral de su formación y en general de la formación de cualquier individuo; sin embargo, ésta habilidad, no está considerada dentro de la formación de los docentes de ciencia, ya que se da por hecho, lo que dificulta su implementación en las prácticas cotidianas (Xie, et al., 2012).

Los docentes deben fomentar la argumentación como herramienta para justificar premisas aún sin contenido conceptual; debe establecer relaciones entre Naturaleza de la Ciencia y argumentación. Así mismo, el ejercicio constante de la argumentación permite a los alumnos el desarrollo de otras habilidades como el uso de modelos, generación de hipótesis y el hacer preguntas. Es importante que en el aula se fomente la argumentación dialógica a través del cuestionamiento; las discusiones tienen un papel fundamental para concretar los contenidos conceptuales, que serán necesario para la comprensión de otros tópicos curriculares.

Dentro del aula hay que hacer diferencias entre dos tipos de argumentación: la cotidiana y la científica. En términos generales, la argumentación se lleva a cabo cuando el punto de vista individual no es aceptado por los demás (Xie, et al., 2012), pero se vuelve una argumentación científica cuando se hace énfasis en las relaciones del punto de vista con una base teórica y evidencias presentadas, lo cual es una forma de acercar a los alumnos a la construcción el conocimiento científico (Yun, et al., 2015).

La argumentación representa ventajas para los alumnos, ya que no sólo considera aspectos de la ciencia, sino que su ejercicio continuo permite el desarrollo de distintas habilidades, como lo son:

- a) Mejora la capacidad para comunicar ideas orales y escritas (Heng *et al*; 2014)
- b) Fomenta el trabajo en equipo (Phelps y Damon, 1989)
- c) Permite desafiar la validez de las ideas de los demás (Phelps y Damon, 1989)
- d) Fomenta la construcción interna de ideas, a partir de reflexiones personales y la externalización de las mismas (Kuhn, 1993)
- e) Permite a los alumnos el cuestionamiento de constructos sociales (Jimenez-Alexandre, et al., 2000)
- f) Permite aceptar reglas sociales y científicas y conjuntarlas para la mejor comprensión de un fenómeno (Yackel y Cobb, 1996)

El ejercicio de la argumentación no es fácil de implementar en el aula; sin embargo, existen herramientas que permiten hacerlo de manera más simple. En este sentido la propuesta de Stephen Toulmin (1979) ha sido una de las más utilizadas para este fin (Erduran et al. 2004), debido a que presenta un esquema "sencillo" que guía al individuo para la construcción de un argumento.

Toulmin hace hincapié en que para generar una conclusión (C), se parte de evidencias o datos (D) que permiten llegar a dicha conclusión. Sin embargo, para que C tenga un mayor valor argumentativo debe estar sustentada en una serie de conocimientos previos, los cuales son las garantías (G) del argumento. Si la garantía, a su vez, está respaldada (R) por una teoría, ley o conocimiento científicamente aceptado, el argumento adquiere mayor relevancia. Además, si el individuo conoce los alcances o limitaciones de su conclusión, entonces conoce las condiciones en las cuales su argumento es válido y las condiciones en las cuales el argumento no tiene validez, con lo cual crea el contraargumento (CA). Esta explicación de la propuesta de Toulmin se presenta en la figura 1 la cual se conoce como Patrón de Argumentación de Toulmin o TAP por sus siglas en inglés (Toulmin's Argumentation Pattern, 1979).

Es por ello que el mejor argumento es aquel en donde el individuo conoce muy bien su postura y se centra en fortalecer sus debilidades (contraargumento), entendiéndose éste punto como el máximo desarrollo de la habilidad de argumentación (Kuhn et al., 2013).

Además, para la visualización didáctica, los argumentos construidos por los estudiantes dentro del aula presentan dos ejes fundamentales: El epistémico, que hace referencia a las creencias y valores que los individuos presentan con sus pares; y el conductual que hace referencia a la aceptación de los valores sociales con respecto a ciertos tópicos (Kuhn et al., 2013). Si bien el aspecto disciplinar no aparece en estos dos ejes, no significa que queda fuera totalmente, está implícito dentro del ambiente del aula. Si el docente no es capaz de argumentar y convencer a sus alumnos de tomar los conceptos disciplinares para la construcción de sus argumentos, entonces éstos tendrán una carga alta de creencias y no habrán integrado el nuevo conocimiento (Crowell y Kuhn, 2014; Kuhn, 2010).

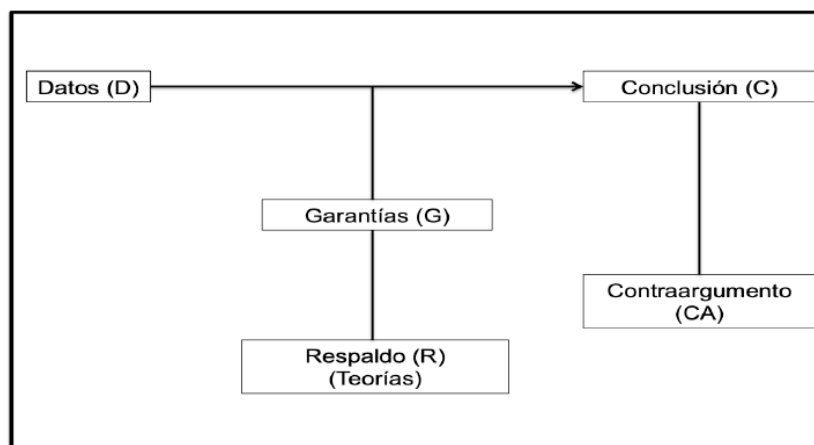


Figura 1. Propuesta de Toulmin para la construcción de un argumento

Así mismo, dado que las habilidades de pensamiento científico son diversas y variadas, es importante tener en cuenta, al momento de planificar las sesiones, otras habilidades que se emplearan y hacer énfasis en los alumnos en que puede presentarse más de una habilidad en el ejercicio diario, tal como es el uso de modelos, planteamiento y planeación de experimentos, recopilación de evidencias y análisis de evidencias (Mendoça y Justi, 2014).

Dada la importancia de la argumentación en el desarrollo del pensamiento crítico y en la formación científica de los estudiantes, en esta investigación se propuso analizar si se podría lograr una mejora en la habilidad al enseñarse de manera explícita durante un periodo escolar, específicamente en la asignatura de Química en uno de los bachilleratos de la UNAM.

De igual forma, se pretende evaluar el impacto que tendrá la argumentación en otra habilidad de pensamiento científico como el uso de modelos, la cual está marcada dentro de los programas de química a nivel bachillerato.

Por ello nuestra pregunta de investigación es:

¿Cuál es el nivel de argumentación y uso de modelos que pueden alcanzar los estudiantes cuando de manera explícita la argumentación se fomenta a lo largo del curso de Química en la educación media superior?

Metodología

Se trabajó con un grupo de 23 estudiantes con edad promedio de 15 años. El periodo de trabajo consistió en dos cursos semestrales consecutivos por lo que se monitoreó a los alumnos por un lapso aproximado de 160 horas.

Dado que el currículo del colegio, hasta ese momento, se dividía en grandes temáticas como agua, aire y tierra. Se eligió la temática del agua (disoluciones, mezclas, métodos de separación de mezclas, estados de agregación de la materia) y aspectos relacionados con Naturaleza de la Ciencia. Tomando en cuenta los requerimientos marcados por el Colegio de Ciencias y Humanidades, se presentó una secuencia didáctica, la cual representó la primera mitad de un curso de química de nivel medio superior; el modelo empleado para el desarrollo de la secuencia didáctica es el propuesto por Leach y Scott (2002). Las actividades se diseñaron de tal forma que los estudiantes tenían que argumentar en cada una de ellas y en algunos casos tendrían que usar un modelo, las temáticas fueron:

- Creencias sobre la ciencia: ¿cómo trabajan los científicos?,
- El agua en nuestro entorno.
- ¿El agua es el disolvente universal?
- ¿Cómo separo el agua presente en una mezcla?
- ¿Calidad del agua?

Cada una de las actividades tenía como objetivo que los alumnos conocieran y practicasen las habilidades de pensamiento científico, en específico siempre tienen que argumentar para poder participar dentro de la clase y cuando se tenían que usar modelos, primero ellos tenían que establecer sus propias propuestas y de allí compáralos con los modelos de sus compañeros; posteriormente, se mostraba el modelo científicamente aceptado y se argumentaba sobre los alcances y limitaciones de los mismos.

En el primer curso se aplicaron las actividades propuestas en la secuencia didáctica, en su mayoría trabajos prácticos, en las cuales se obtenían evidencias de cómo iban desarrollando sus argumentos y cómo empleaban modelos; se realizaron dos evaluaciones de bloque que permitieron determinar los niveles de argumentación alcanzados por los estudiantes a la mitad del curso y al finalizar el mismo.

Durante el segundo curso, se monitoreó el uso de la habilidad y se entrevistó a los alumnos para evaluar sus concepciones sobre la argumentación y el uso de modelos.

Las primeras actividades fueron sobre aspectos de NdC para facilitar la introducción a la argumentación. Para ello se hizo uso de la rejilla de argumentación de Toulmin (TAP) la cual fue utilizada durante todo el proceso (Figura 1). El uso de la rejilla permite determinar los componentes de un argumento; sin embargo, con el paso del tiempo se les dio la libertad para no usarla, pero al argumentar de forma oral o escrita tenían que respetar las partes fundamentales del argumento.

Para la evaluación de las evidencias obtenidas de las actividades planteadas, se trabajó con una rúbrica (Tabla 1), cuya propuesta original es de Mendoça y Justi (2014); sin embargo, se realizaron modificaciones ya que no se ajustaba totalmente a las necesidades del trabajo. La modificación que se hizo permitió evaluar, al mismo tiempo, el argumento y/o el modelo, además sirvió para evaluar una sola habilidad; así mismo presenta niveles nuevos con la finalidad de realizar separaciones mucho más enfáticas en cuanto a las representaciones y los argumentos realizados en clase.

| Nivel | Descripción |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1-E(1) | Empírico. Basan sus razonamientos en términos del fenómeno (lo que observa a nivel macroscópico) |
| 1-R | Representación. Explican utilizando una representación (imagen, dibujo, estructura, etc. |
| 1-RM (2) | La Representación es a nivel macroscópico. |
| 1-RH (3) | La Representación es un híbrido entre nivel macroscópico y microscópico. |
| 1-RS (4) | La Representación es a nivel submicroscópico. |
| 1-T (4) | Teórico. Basan su razonamiento en términos de la teoría vista en clase y se emplean de manera adecuada. |
| 2-TE (5) | Teórico-Empírico. Crea relaciones entre el fenómeno de estudio y los conceptos vistos en clase. |
| 2-TR | Teórico-Representacional. |
| (8, 7 o 6) | Relaciona los conceptos vistos en el aula y logra representarlos (imagen, dibujo, estructura, etc.) para explicar diversas situaciones de estudio. |
| 3-TRE | Teórico-Empírico-Representacional. |
| (9) | Su razonamiento explica fenómenos con conceptos teóricos y los representa mediante un modelo. |
| 4-P (10) | Persuasivo Su razonamiento explica fenómenos con conceptos teóricos y los representa mediante un modelo, además conoce los alcances y limitaciones de sus explicaciones. |

Tabla 1. Rúbrica de evaluación de modelos y argumentación

Con la rúbrica se pueden evaluar los modelos en tres niveles: macroscópico, híbrido y submicroscópico y existen dos niveles argumentativos (empírico y teórico). Cuando se usan las dos habilidades, la evaluación de éstas se observa en los niveles 2 (2-TE, 2-TR) 3 (3-TRE) y 4 (4-P). Cabe resaltar que los puntajes van en orden ascendente: macroscópico-microscópico-submicroscópico, y empírico-teórico.

Para el desarrollo de los niveles presentados en la rúbrica se hicieron las siguientes consideraciones:

1-E (Empírico): Es el nivel más bajo, ya que es el reflejo de lo que los alumnos observan sobre el fenómeno de estudio. Este nivel es de gran ayuda para un arranque exploratorio de una temática nueva, en donde se busquen concepciones alternativas sobre las creencias de los alumnos.

1-R (Representacional): En este nivel se hace referencia a un modelo (el cual puede ser un dibujo, tabla, gráfica, esquema) para la explicación del fenómeno de estudio. Dado que las representaciones en química son importantes, se debe clasificar la diversidad de modelos empleados por los alumnos; para ello se hace una sub-clasificación de este punto:

- a) 1-RM. El modelo es un reflejo del fenómeno a nivel macroscópico (lo que observa)
- b) 1-RH. El modelo es un híbrido entre el nivel macroscópico y sub-microscópico (mezcla de lo que observa con el comportamiento corpuscular)
- c) 1-RS. El modelo es una visión sub-microscópica del fenómeno de estudio (comportamiento corpuscular)

De acuerdo con este rubro, para este trabajo es mejor que el estudiante realice una representación sub-microscópica; debido a que la mayoría de los fenómenos químicos se estudian primero a nivel macroscópico y después a nivel sub-microscópico. Muchos alumnos desarrollan modelos híbridos, ya que por diversas circunstancias no logran alcanzar el modelo sub-microscópico. Es por ello que este tipo de representación aparece

en la rúbrica, debido a que de otra manera no sería posible evaluar a todos los alumnos (Caañamo, 2003, 2014; Vosnadiu, 1994; Gilbert y Treagust, 2009).

1-T (Teórico). En este rubro se evalúan las explicaciones dadas por los estudiantes en términos disciplinares, si están bien estructurados dentro de una explicación escrita realizada por los alumnos. Este nivel está por encima de los niveles 1-M y 1-RH, pero está al mismo nivel que el 1-RS, ya que se espera una relación entre una representación sub-microscópica y una buena comprensión de la disciplina a través de sus argumentos.

2-TE (Teórico-Empírico). En este nivel se evalúa la relación que hacen los alumnos entre la disciplina y sus conocimientos empíricos sobre un fenómeno de estudio. Es decir, el alumno es capaz de hacer uso de los conceptos estudiados y asociarlos a sus comprensiones empíricas, creando una explicación mucho más compleja.

2-TR (Teórico-Representacional). En este nivel los alumnos explican su comprensión de un fenómeno de estudio en función de una representación y los conceptos teóricos que se han aprendido. Cabe resaltar que en este rubro hay varios casos según sea la representación (Tabla 2).

| | | |
|--------------------------------------------------|------|---|
| Buen uso de conceptos con un modelo macroscópico | TR-a | 5 |
| Buen uso de conceptos con un modelo híbrido | TR-b | 5 |
| Buen uso de conceptos con un modelo microscópico | TR-c | 6 |
| Mal uso de conceptos con un modelo macroscópico | TR-d | 4 |
| Mal uso de conceptos con un modelo híbrido | TR-e | 4 |
| Mal uso de conceptos con un modelo microscópico | TR-f | 5 |

Tabla 2. Categorías relacionadas con el razonamiento Teórico-Representacional (2-TR)

Para la evaluación se decidió asignar tres puntajes: 4, 5 y 6; los cuales se describen a continuación:

El puntaje de 4 corresponde a los casos de un mal uso de conceptos teóricos, pero con modelos macroscópicos e híbridos (incisos d y e); debido a que ni la representación ni la explicación satisfacen la actividad planteada. El puntaje de 5 corresponde al caso de uso de un modelo microscópico, pero con mal empleo de conceptos teóricos (inciso f); así como buen uso de conceptos teóricos con el empleo de modelos macroscópicos e híbridos (incisos a y b). El puntaje máximo correspondería al buen uso de los conceptos teóricos aunado a un buen modelo microscópico (inciso c).

3-TRE (Teórico-Representacional-Empírico). Este rubro requiere de una relación entre el conocimiento sobre los fenómenos, los conceptos teóricos de estudio y las representaciones asociadas a ellos.

Debido a que se pueden presentar diversas situaciones, en este nivel es posible alcanzar los siguientes puntajes 5, 6 y 7:

- Puntaje 5. Se considera que el alumno sólo está asociando dos de los tres rubros; es decir, está en un nivel mucho más bajo como lo es 2-TE o 2-TR. La diferencia para clasificarlo dentro de los rubros anteriores o el rubro 3-TRE es que en el ejercicio se le puede solicitar de manera explícita que se hagan esas relaciones, por lo que se espera que el alumno las haga. En cambio, el nivel 3-TRE se asocia directamente a si el alumno lo hace sin instrucción previa.
- Puntaje 6. El alumno plantea o hace uso de modelos híbridos y macroscópicos en sus explicaciones
- Puntaje 7. El alumno emplea los conceptos teóricos adecuadamente, y hace una representación microscópica en la explicación de diversas situaciones de estudio.

4-P (Persuasivo). Este es el mayor nivel esperado, en el cual no sólo se hace una relación entre la fenomenología, los conceptos y las representaciones a nivel submicroscópico, sino que además el alumno es capaz de expresar las limitaciones y alcances de su propia explicación.

En los casos en los que se encuentren asociadas representaciones como en los niveles 1-R, 2-TR y 3-TRE, se presentan tres posibles puntajes; el inferior siempre hará alusión a que la representación es a nivel macroscópico; el valor intermedio, se asocia a una representación híbrida y el puntaje máximo a una representación submicroscópica.

Resultados

Por cuestiones de espacio, se van a presentar los resultados de tres actividades de la secuencia didáctica: ¿Cómo trabajan los científicos? La cual fue una de las primeras actividades en donde los estudiantes tenían que utilizar la rejilla de argumentación Toulmin (TAP). Posteriormente presentaremos los resultados sobre la actividad “el agua que nos rodea”, donde se les pidió a los estudiantes que modelaran. Finalmente, la actividad: ¿Calidad del agua? Donde los estudiantes realizaron un experimento, y en su informe presentaron modelos y argumentos. También se presentarán, brevemente, los resultados de las evaluaciones obtenidas a la mitad y al finalizar el curso.

¿Cómo trabajan los científicos?

Para esta actividad los estudiantes tenían que elegir una de entre un conjunto de frases comunes utilizadas para describir a los químicos o a la química en el ambiente cotidiano, es decir varias son visiones distorsionadas de la NdC, (ver tabla 3), y a partir de ella construir un TAP, sobre si estaban de acuerdo o en desacuerdo con la frase.

| | |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A. No comas ese producto porque tiene muchos químicos | F. Los químicos producen cáncer |
| B. La ciencia es sólo para cerebritos | G. Los químicos se utilizan para producir bombas |
| C. Los científicos son personajes excéntricos y raros | H. El avance de la química trajo como consecuencia muchos productos que consumimos actualmente |
| D. Yo prefiero lo natural, porque es más sano | I. Sin la química no habría sociedad |
| E. La química es pura contaminación | |

Tabla 3. Frases presentadas a los estudiantes para la elaboración de una rejilla de Toulmin.

La mayoría de los estudiantes seleccionó las frases A y B (22%), la segunda más seleccionada fue la frase G (17%) y posteriormente la I (13%). En el análisis de las rejillas de argumentación con la rúbrica general, se obtiene que el 100% de los alumnos se ubica en el nivel 1-E, esto debido a que, al escoger una frase, ellos tenían que argumentar con respecto a sus conocimientos, aunque todos respondieran de acuerdo a sus creencias.

Así mismo el 69 % de los alumnos no emplearon la rejilla de la manera señalada (figura 1), un 21% está en la parte intermedia de la rejilla (la emplearon, pero confundieron algunas partes), y sólo un 9% hizo un buen uso de la rejilla. Básicamente se encontraron tres formas de uso de la TAP. La primera en donde se muestra un *mal uso de la TAP* y se muestran creencias distorsionadas de NdC, es evidente que no hay una estructura clara, escriben ideas al azar y la conclusión es una extensión de la idea original. Además el contraargumento no es congruente con la idea original. El segundo caso es donde se muestra un *buen uso de la TAP, pero se evidencian creencias distorsionadas sobre NdC*, además el contraargumento no está bien definido o no es coherente con las conclusiones. Finalmente, el tercer caso es donde se tiene un *buen uso de la TAP* y se presentan ideas acordes con la NdC. En la figura 2 se muestra un ejemplo de éste caso en donde el estudiante hace un buen uso de la rejilla, y además concluye que los avances de la ciencia pueden ser

útiles para contrarrestar problemas de otra índole. Lo que no concuerda con que los alimentos sean considerados malos por tener “químicos”.

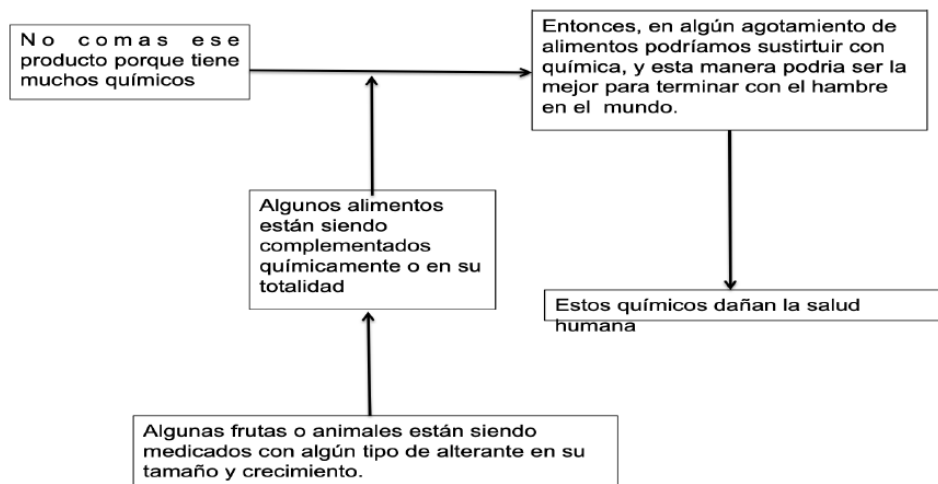


Figura 2. Buen uso de la rúbrica de argumentación con ideas acordes a la NdC

Cabe resaltar que este ejercicio fue el primero en el cual se evaluó de manera más estricta la TAP. En términos generales, los alumnos presentan una confusión entre las partes de la rejilla; de igual forma, el buen uso de la misma depende, en este caso, de sus conocimientos previos y sus experiencias cotidianas. Debido a que tomaron posturas (que es algo a lo que no están acostumbrados) se les dificultó la construcción de su argumento; las partes del mismo parecen exigirles un ejercicio mental mayor, ya que deben considerar muchas variables y dentro del mismo deben tener control de la secuencia de sus afirmaciones o negaciones.

El agua en nuestro entorno

Para esta actividad, se hicieron tres evaluaciones: en la primera se consideraron los modelos realizados por los alumnos; en la segunda se consideraron los argumentos; y la tercera se realizó conjuntando el modelo y los argumentos. Los modelos y argumentos que se presentan giran en torno a la pregunta ¿Por qué crees que el agua puede encontrarse en tres diferentes estados de agregación?

Con respecto a los modelos se encontró que un 42% de los alumnos presentó un modelo macroscópico, mientras que un 37% presenta modelos microscópicos, y un 21% un modelo híbrido. Resulta importante recalcar que hubo un bajo porcentaje de modelos híbridos, a pesar de que, según la literatura, son los que frecuentemente presentan los estudiantes (Vosniadou, 1994).

En la figura 3 se pueden observar tres ejemplos de cada uno de los modelos realizados por los estudiantes (a, macroscópico; b, híbrido; c, sub-microscópico). En el modelo macroscópico se observa que los alumnos tienden a dibujar sólo el fenómeno (lo que observan). En el modelo híbrido se observa una base macroscópica y un esfuerzo por representar las partículas y sus características. Aunque el dibujo presenta connotación del fenómeno a nivel macroscópico, se observan características no congruentes con éste como la evaporación del agua a nivel de partículas, el agua sólida y líquida. En el modelo submicroscópico se observan partículas y aunque se visualizan dificultades para retirar por completo los contornos de los sólidos (hielos y cacerola) ya no son significativos para el modelo.

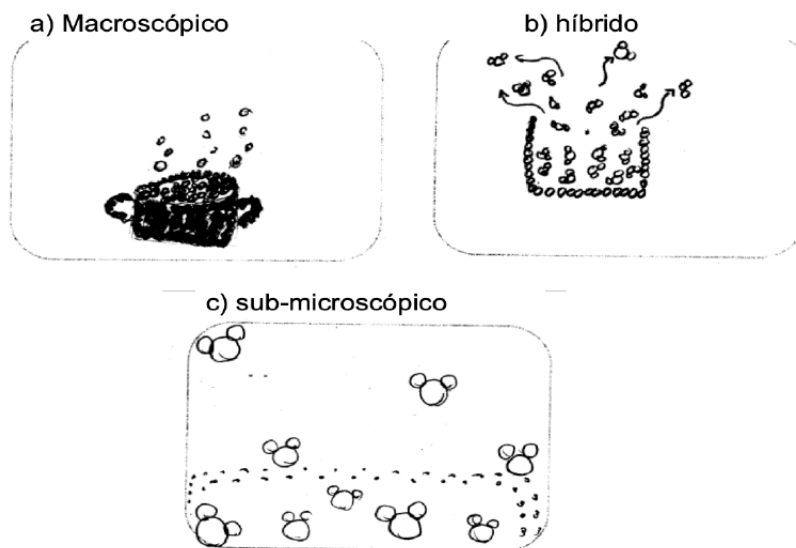


Figura 3. Ejemplos de modelos macroscópico, híbrido y submicroscópico realizados por los estudiantes

De acuerdo al modelo presentado, la evaluación con la rúbrica general, varios de ellos están posicionados con un puntaje de 2, 3 o 4. Sin embargo, cuando se analizan sus respuestas a los diversos cuestionamientos se encuentran los siguientes casos:

Modelo macroscópico: del 42 % de alumnos que realizó un modelo macroscópico sólo un 5% logró fundamentar su respuesta con los conceptos teóricos, lo que los posiciona dentro de la categoría 2-TR-a con 5 puntos; mientras que un 32% de los alumnos presenta un modelo con una justificación fenomenológica, de tal manera que están en la categoría 2-TR con 4 puntos respectivamente, y sólo un 5% de ellos no pudo justificar sus respuestas, lo que los posicionan en el nivel 1-RM con 2 puntos. El tipo de “argumentos” que expresaron los estudiantes para este caso son: “*por su composición*”, “*por las diferentes temperaturas y propiedades*”

Modelo híbrido: Del 21% de alumnos que mostró un modelo híbrido, un 5% no presenta justificación alguna, el 16% restante explica con base en sus conocimientos empíricos y ninguno de ellos logra responder con conceptos teóricos adecuados. Lo cual posiciona a los alumnos en los niveles 1-RH con 3 puntos y el resto en el nivel 2-TR con 5 puntos. Se encontró que los estudiantes dan explicaciones teleológicas (Talanquer, 2013) como: “*Por su composición química ya que sus propiedades la hacen tener esa habilidad y el movimiento de sus partículas*”, aunque también apelan a sus conocimientos empíricos “*Porque es un elemento que varía dependiendo de la temperatura en la que esté*”

Modelos microscópicos: Del 37% de alumnos que representó a nivel sub-microscópico, un 16% de ellos logra explicar utilizando los conceptos adquiridos en clase (2-TR), otro 16% justifica sus respuestas empleando conocimiento cotidiano (2-TE) (“*porque ve el agua convertirse en humo al calentarla y tiene cubitos de hielo en el refrigerador*”) y sólo un 5% no logra justificar su modelo (1-RS), lo que hace que sean catalogados en las categorías 2-TR con 8 puntos, 2-TR con 7 puntos y en la categoría 1-RS con 4 puntos respectivamente. En este sentido algunos argumentos dados por los estudiantes son: “*tiene disponibilidad al cambio a diferentes factores como la temperatura o presión*” (2-TR), “*el aumento y disminución de la temperatura en cada situación. Porque las partículas tienen movimiento*”

Cabe resaltar que los alumnos tuvieron problemas al relacionar modelos con las respuestas que dieron a los diversos cuestionamientos realizados sobre el tópico estudiado. Desafortunadamente se encontró que si no se les daba la instrucción explícita de que tenían que usar la TAP, simplemente no la utilizaban.

En términos generales de la evaluación se obtuvo que sólo el 15% de los alumnos obtuvo un desempeño por debajo de la media del grupo (1-RS; 1-RH, 1-RM). Los resultados muestran que los alumnos son capaces de usar un modelo y explicar los fenómenos en función de conceptos teóricos y empíricos; aunque los resultados son indicativos de un buen desempeño, sólo un 16% logró el máximo puntaje a obtenerse en esta actividad (2-TR). La mayoría de los alumnos se queda en un modelo híbrido o sub-microscópico, pero no logran usarlo para crear a un argumento de manera adecuada.

¿Calidad del agua?

Esta actividad fue experimental, entregaron un informe que fue evaluado y se encontró que el 52.5% de los argumentos planteados por alumnos se encuentran en el nivel 1E, el cual es el nivel más bajo; el 21.1 % de los argumentos se encuentran en el nivel 1T, lo que indica que consideraron elementos teóricos básicos, pero nada más. Otro 21.1 % se encuentra en el nivel 2-TE es decir logran conectar los conceptos teóricos con sus concepciones empíricas; finalmente, sólo un 5.3% de los estudiantes alcanza un nivel 2-TR (d-e) lo que significa que relaciona (aunque de forma equivocada) los conceptos teóricos con modelos macroscópicos e híbridos.

En la figura 4 se muestra un ejemplo de uso del TAP, sin embargo, éste no fue lo común ya que los estudiantes entregaron principalmente descripciones fenomenológicas sin presentar un argumento o discutir su postura bajo la óptica de un modelo. Los modelos empleados por los alumnos son completamente fenomenológicos.

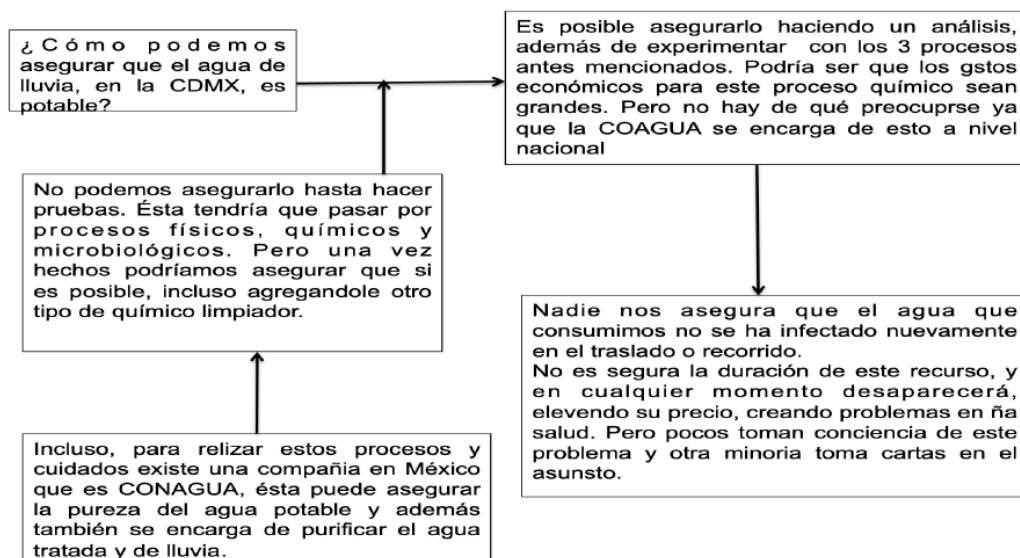


Figura 4. Informe experimental 3

El informe presentado en la figura 4 es una rejilla de argumentación. En ella se muestra que el uso es el adecuado, aunque no logran ligarlo con sus observaciones y modelos, ya que sólo se enfoca en responder la pregunta de investigación. Cabe recalcar que el argumento construido se posiciona en un nivel 2-TRE.

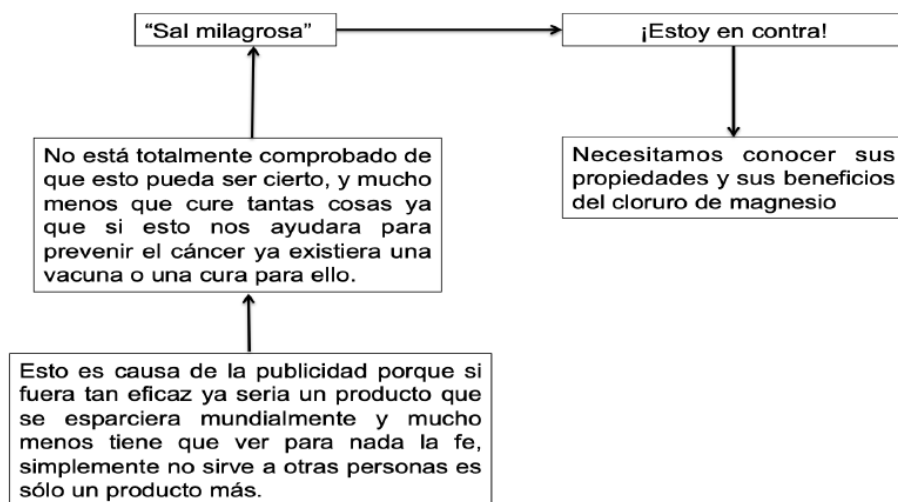
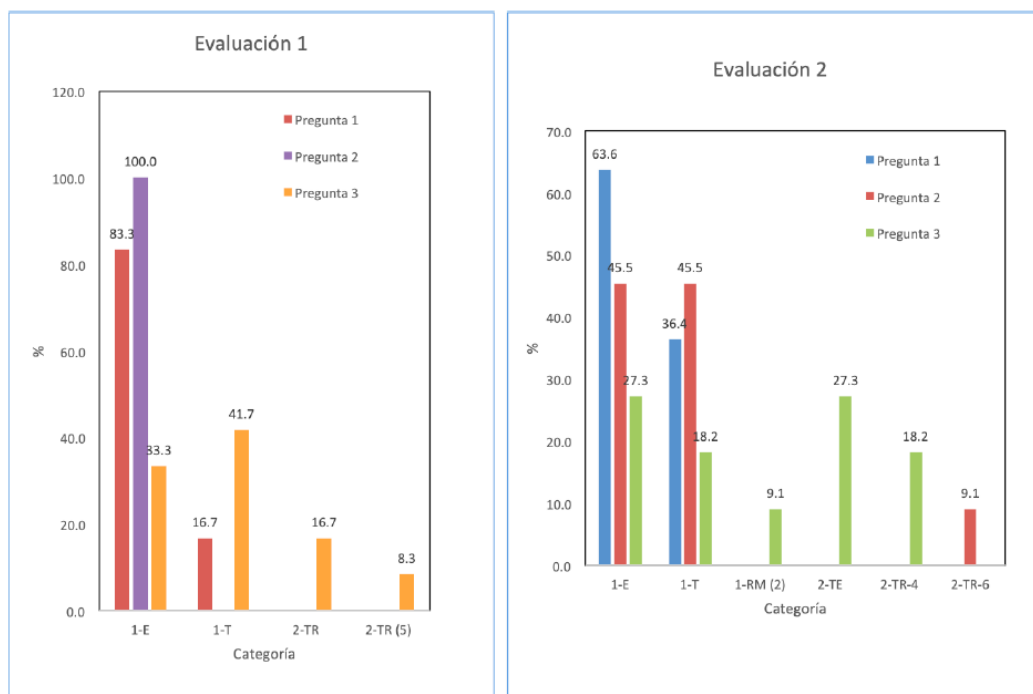


Figura 5. Postura de un alumno en evaluación 1

Como se mencionó anteriormente, se realizaron dos evaluaciones individuales en diferentes momentos del curso. En cada una de ellas se plantearon tres preguntas. En la primera evaluación dos de las preguntas estaban asociadas a cuestiones no científicas; sin embargo, los estudiantes debían tomar una postura apelando a sus creencias o conocimientos vistos en clase. En la segunda evaluación las tres preguntas estaban ligadas a conceptos científicos y demostrar sus habilidades de argumentación. En la gráfica 1a se puede observar cómo en la primera evaluación los estudiantes alcanzan niveles realmente bajos, (1-E), sólo un 8.3% alcanza un máximo en 2-TR empleando un modelo híbrido, logran enlazar de mejor manera su argumento con sus conocimientos científicos dejando de lado sus creencias. Esto implica que los alumnos no logran comprender que en cualquier disciplina deben dar razones que sean congruentes con sus argumentos, varios de los alumnos apelan a su conocimiento científico, pero sólo si son exigidos. Por ejemplo en la figura 5 se muestra que el alumno toma postura en cuanto a un tema como la “sal milagrosa”, apela a las propiedades de los materiales, pero en su rejilla hay una incongruencia ya que los sustentos de su argumento y su conclusión no están relacionados, es decir toma postura, pero no es capaz de argumentar a favor o en contra.

Por otro lado, varios estudiantes no utilizan la rejilla de argumentación, sino que justificaron sus respuestas escribiendo los párrafos correspondientes. Si bien la rejilla es una herramienta que pueden emplear como guía para la construcción de sus argumentos, también tenían la libertad de justificar de esta manera. El escribir un párrafo muestra que los alumnos no lograron entender los componentes básicos de un argumento, ya que todos están contruidos en función de creencias sin asociar conocimiento científico, así mismo omitían partes fundamentales de los argumentos como lo son las garantías y el contraargumento.

Para la evaluación 2, (gráfica 1b) se obtuvieron “mejoras” en niveles de argumentación. Los alumnos se mantienen en niveles bajos de argumentación y de uso de modelos, sin embargo, un 9.1% alcanzó un nivel superior comparado con el grupo.



Gráfica 1. Niveles de argumentación y/o modelaje en las evaluaciones

Se aplicaron preguntas de argumentación y, en las respuestas más desarrolladas, los alumnos apelaron al modelo de la molécula del agua para explicar sus características físico-químicas. En la mayoría de los casos, los alumnos apelaron a fenómenos macroscópicos para explicar o dar respuesta a los cuestionamientos.

Conclusiones

En este trabajo se evaluaron los argumentos y el uso de modelos por parte de los estudiantes durante su curso de Química I en uno de los bachilleratos de la UNAM. Vale la pena decir que el modelo de investigación-acción realizado es resultado del trabajo colaborativo de dos profesores. En donde impartía los temas disciplinares (no necesariamente de forma tradicional) y el otro se enfocaba a las habilidades de pensamiento a desarrollar. Consideramos que el trabajo conjunto realizado por los dos docentes ayudó a tener una respuesta favorable por parte de los alumnos con el trabajo en clase, saliendo de un aula tradicional

El trabajo realizado al monitorear durante dos semestres continuos las habilidades, no es un proceso simple; sino que es la forma de motivar a los alumnos para que se sientan comprometidos con estas actividades y obtengan resultados positivos, sobre todo el que visualicen la utilidad de estas habilidades en la vida académica y cotidiana.

La modificación de la rúbrica, para la evaluación de las habilidades de argumentación y uso de modelos, representa el instrumento fundamental para el análisis de los resultados. Los instrumentos con los cuales evaluar tales evidencias son escasos, por lo que resulta importante la creación de éstos cuando se requiere trabajar con habilidades de pensamiento científico.

Es importante señalar que el desarrollo de una habilidad, como es la argumentación, permite a los estudiantes hacer una reflexión de sus propios argumentos, ordenar ideas

y presentarlas de una manera más simple y clara; aunque también se permitió que argumentaran de forma independiente.

El ejercicio de argumentación depende de muchas otras características y conocimientos, pero vale la pena iniciar este proceso, para fomentar la "ciencia como argumento", de acuerdo con Kuhn (1993). Consideramos que es importante iniciar el desarrollo de estas habilidades desde edades tempranas, ya que de lo contrario es indispensable invertir mayor tiempo; y, aun así, nada garantiza que se alcancen niveles altos de desarrollo, como quedó evidenciado en este estudio.

Un modelo por sí solo no explica o funciona si no tiene argumentos tras de sí. Es por ello que es indispensable trabajar con más de una habilidad; sin embargo, se tiene que hacer de manera explícita, ya que de otra forma los alumnos no logran dar importancia a las mismas, y tampoco se logran generar las herramientas necesarias para una buena evaluación.

Aunque el uso de modelos no fue la habilidad que se trabajó de manera explícita, se observa que los alumnos presentan dificultades para visualizar un modelo a nivel sub-microscópico, quedándose en su mayoría en un nivel macroscópico, este comportamiento es un reflejo de sus clases en niveles educativos anteriores.

Finalmente, a continuación, se enlistan algunas consideraciones sobre los resultados obtenidos:

- Se desarrollaron una serie de actividades embebidas en el marco de habilidades de pensamiento científico; éstas permitieron a los alumnos acercarse, conocer y practicar la habilidad de argumentación.
- Los alumnos emplearon la rejilla de argumentación como herramienta para la construcción de sus razonamientos.
- El nivel de la argumentación alcanzado por alumnos no es constante, sino que depende del tipo de preguntas que se les hagan. Sin embargo, en el trabajo se alcanzaron niveles como 3-TRE en donde se engloban conceptos, representaciones y fenómenos de manera conjunta, siendo un nivel alto en las habilidades de estudio y para el nivel de estudios en el que se trabajó.
- La argumentación resulta una forma nueva de ver los conceptos de química por parte de los alumnos; si bien el ejercicio fue complicado, durante el transcurso del semestre los alumnos lograron entender las ventajas de hacer una argumentación y en algunos casos apelar a un modelo o emplear un modelo para construir su argumento.
- En la parte conceptual, estos ejercicios de argumentación les ayudaron a comprender ciertos conceptos como mezclas, sustancias, y compuestos químicos; ya que no sólo lo vieron como algo natural, sino que en sus exámenes o evaluaciones muestran indicios de argumentación sin que se les solicitaran hacerlo.

El desarrollo de habilidades de pensamiento científico es de suma importancia, ya que no sólo representa una nueva metodología para estudiar la ciencia en el aula. También muestra a los alumnos una nueva forma de desenvolverse, porque las habilidades no sólo representan una manera para entender ciencia, ya que no se reducen a habilidades de pensamiento científico sino a habilidades para la vida; cumpliéndose con ello los criterios de educación marcados por la UNICEF en 1996.

La reflexión docente es de suma importancia para implementar mejoras de la práctica en el aula; por ello es importante formar profesores con espíritu de compromiso

con la educación, ya que permite ayudar y formar de mejor manera a todos los alumnos con los que se tenga contacto.

Por último es importante mencionar que la actividad docente no es fácil, requiere mucha dedicación y trabajo en equipo. El hecho de que sea complicada, no quiere decir que sea imposible, justo en estos tiempos tan turbulentos en cuestiones generales y en específico en términos educativos. La educación se vislumbra como la luz al final del camino y el lugar donde se encuentra el tesoro escondido de la humanidad.

Referencias

- Caamaño, A. (2003). Modelos híbridos en la enseñanza y el aprendizaje de la química. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 35, p. 70
- Chamizo, J. (2013). A new definition of models and modeling in chemistry's teaching. *Science and education*, 22, 1613-1632.
- Chamizo, J. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Eureka*. 7 (1), 26-41
- Crowell, A. & Kuhn, D. (2014). Developing dialogic argumentation skill: A 3 year intervention study. *Journal of Cognition and Development*, 15(2), 363-381.
- Erduran, S. & Duschl, R. (2004). Interdisciplinary characterization of models and the nature of chemical knowledge in the classroom. *Studies in Science Education*. 40, 111-144.
- Gilbert, J. K. & Treagust, D. (2009). Introduction: Macro, submicroscopic and symbolic representations and the relationship between their key models in chemical education. In Gilbert, J. K. & Treagust, D. (Eds) *Multiple representation in chemical education*. Springer. P. 1-8.
- Heng, L., Surif, J. & Seng, C. (2014). Individual versus group argumentation: student's performance in a Malaysian context. *International Education Studies*, 7(7), 109-124.
- Jiménez-Aleixandre, M. (2007). Designing argumentation learning environments. In Erduran, S., Jiménez-Aleixandre, M. P. (Eds) *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research*. Springer, Chp. 5, p. 91-115
- Krell, M., Reinisch, B. & Kruger, D. (2015). Analyzing students' understanding of models and modeling referring to the disciplines Biology, Chemistry and Physics. *Research Science and Education*, 45, 367-393.
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319-337.
- Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argument. *Science Education*, 94 (5), 810-824.
- Kuhn, D., Zillmer, N., Crowell, A., Zavala, J. (2013). Developing norms of argumentation: metacognition, epistemological and social dimensions of developing argumentative competence. *Cognition and Instruction*, 31 (4), 456-496.
- Leach, J., Scott, P. (2002). Designing and evaluating science teaching sequences: an approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective of learning', *Studies in Science Education*, 38 (1), 115-142.

- Mendoça, P. C. & Justi. R. (2014). An instrument for analyzing arguments produced in modeling-based chemistry lessons. *Journal of Research in Science Teaching*, 51 (2), 192-218.
- Orduña, R. & Padilla, K. Learning science through inquiry to encourage elementary teachers to develop new domains in their PCK. In process.
- Padilla, K. & Garritz, A. (2015). Tracing a research trajectory on PCK and chemistry university professors' beliefs. In *Re-examining Pedagogical content knowledge in science education*, Berry, A., Friedrichsen, P. & Loughran, J. (eds). p. 75- 87. Routledge, The Netherlands.
- Phelps, E. & Damon, W. (1989). Problem solving with equals: Peer collaboration as a context for learning mathematics and spatial concepts. *Journal of Educational Psychology*, 81(4), 639-646.
- Resnick. L. (1989). *Education and learning to think*. Washington DC: National Academy Press.
- Sampson, V. & Clark, D. (2009). The impact of collaboration on the outcomes of scientific argumentation. *Science Education*, 93 (3), 448-484.
- Schwarz, C. & White, B. (2005). Metamodeling knowledge: developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23, 165-205
- Sloane, T. O. (Ed). (2006). *Encyclopedia of Rethoric*, Oxford University Press. Consultado en línea por última vez 10 de diciembre 20018. <http://oxfordreference.com/>
- Talanquer, V. (2013). When atoms want. *Journal of Chemical Education*, 90: 1419- 1424.
- Toulmin, S., Riek, R. & Janik, A. (1979). *An introduction to reasoning*. McMillan. 2da edition. New York. USA.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69
- Xie, Q. & So, W. M. (2012). Understanding and practice of argumentation. A pilot study with Mailand Chinese pre-service teachers in a secondary science classrooms. *Asian-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*. 13(2), article 9,
- Yackel, E. & Cobb, P. (1996). Sociomathematical norms, argumentation, and autonomy in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*. 27 (4), 458-477
- Yun, S. M. & Kim, H.B. (2015). Changes in students' participation in small group norms in scientific argumentation. *Research Science and Education*. 45. 465-484.
- Zimmerman, C. (2006). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*. 27, 172-223.
- Zohar, A. (2004). Elements of teachers' pedagogical knowledge regarding instruction of higher order thinking. *Journal of science teacher education*, 15 (4), 293-312.
- Zohar A. (2006). The nature a development of teachers' metastrategic knowledge in the context of teaching higher order thinking. *Journal of learning sciences*, 15 (3), 331-377.
- Zohar, A. & Schwartz (2005). Assessing teachers' pedagogical knowledge in the context of teaching higher order thinking. *International Journal of Science Education*, 27:13, 1595-1620, DOI: 10.1080/09500690500186592

Recepción: 07/04/2019. Aceptación: 30/01/2020.