



ARGUMENTACIÓN Y APRENDIZAJE DE LA TEORÍA ÁCIDO-BASE

Autores. 1. Patricio Carrasco Monroy, 2. Natalia Orellana Barahona, 3. Mario Quintanilla-Gatica. Colegio Santa María de Maipú. pecarrasco@uc.cl

Tema. Eje temático 7.

Modalidad. 1. Nivel educativo Educación Media

Resumen. En este trabajo se discuten los datos derivados de una intervención didáctica en clases de química de secundaria, en tres colegios diferenciados socialmente. El objetivo principal es evaluar el desarrollo de la habilidad cognitivo-lingüística argumentativa en estudiantes de secundaria a partir de preguntas problematizadoras sobre fenómenos ácido-base de relevancia socio científica. Los hallazgos preliminares nos permiten concluir que desarrollan diferentes modelos argumentativos, lo que se explicaría en parte por las condiciones y ambientes de aprendizaje distintivos de estas instituciones, que favorecen una interpretación diferente entre la química escolar y el mundo real de los estudiantes.

Palabras claves. Argumentación, Teoría ácido base, Problemas socio científicos.

Introducción

La educación científica actual se orienta hacia la promoción, formación y desarrollo del pensamiento, de una ciudadanía alfabetizada científicamente, considerando a la ciencia como un componente esencial que favorece la participación de todas y todos de manera protagónica, en decisiones relacionadas con el desarrollo tecnocientífico, la educación ambiental, la educación para la salud, la paz y la democracia, propiciando así, el desarrollo del espíritu crítico y transmitir la emoción de los apasionantes desafíos a los que se ha enfrentado la comunidad científica (Osborne & Patterson, 2011). En el marco de la actividad científica escolar, nos interesa particularmente promover el desarrollo de Competencias de Pensamiento Científico (CPC) en el estudiantado. Pese a que las CPC se han conceptualizado desde las más diversas direcciones epistemológicas, nuestro intento ha estado dirigido a conformar una representación de éstas que no se limita a determinar la manera de hacer, sino a poner de manifiesto las cualidades de lo que hemos denominado sujeto competente en ciencias (SCC). Desde nuestra mirada, el SCC se constituye como un actor capaz de identificar situaciones polémicas (u obstáculos) en la clase de ciencias y de abordarlas con los recursos propios en la gestión del conocimiento y aprendizaje científicos. Desde esta consideración, la CPC emerge como un atributo del sujeto determinado por una actuación permanente y sistemáticamente dirigida por el profesorado con la finalidad de poner de evidencia el sustrato personal del actuar competente, valorando y evaluando la manera en que los distintos sujetos identifican, enfocan y resuelven las situaciones a que se enfrentan ya sea en su proceso de aprendizaje formativo o en su desarrollo profesional (Autor, 2012).

Referente teórico

Argumentar y explicar en la clase de ciencia

La argumentación y la explicación son habilidades cognitivo-lingüísticas que de manera natural se desarrollan a partir de las relaciones epistemológicas e históricas en la clase de ciencias (Camacho & Autor, 2008). Sin embargo, esta vinculación ha

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en
nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la
formación de profesores.

llevado muchas veces a confusiones que ameritan una profundización para precisar cómo ellas interactúan en el desarrollo del pensamiento y en la formación del profesorado de ciencias en particular. Para Osborne & Patterson (2011) hay una falta de claridad en torno al concepto de argumentación y explicación científica, lo que constituye una debilidad teórica y práctica en la formación del profesorado. La argumentación, es una práctica que consiste en una afirmación con una justificación para defender un punto de vista a un determinado público, la que trasciende a un dominio o contenido en particular y que se vincula con la inteligencia (Jiménez y Puig, 2010). Según Yang & Wang (2014), los argumentos son más complejos que las explicaciones, ya que éstas últimas apuntan a describir cómo ocurren los fenómenos, mientras que los argumentos se enfocan en justificar y debatir la validez de una explicación en escrutinio. Entonces la confusión ocurre precisamente cuando algunas explicaciones pueden servir para dar fuerza o sustento a un argumento (Osborne & Patterson, 2011). La argumentación como habilidad competencial puede ser investigada y enseñada, a partir del modelo argumentativo propuesto por Toulmin (1993), que consideran las siguientes categorías propuestas por Sardá y Sanmartí (2000): *Datos (D)*: Hechos o informaciones factuales, que se invocan para justificar y validar la afirmación. *Conclusión (C)*: La tesis que se establece. *Justificación (G)*: Son razones (reglas, principios...) que se proponen para justificar las conexiones entre los datos y la conclusión. *Fundamentos (F)*: Es el conocimiento básico que permite asegurar la justificación. *Calificadores Modales (Q)*: Aportan un comentario implícito de la justificación; de hecho, son la fuerza que la justificación confiere a la argumentación. *Refutadores (R)*: También aportan un comentario implícito de la justificación, pero señalan las circunstancias en que las justificaciones no son ciertas. (p. 408)

La teoría ácido-base en la enseñanza de la química escolar

El conocimiento de los modelos teóricos sobre ácidos y bases es relevante teniendo en cuenta la constante interacción con nuestro entorno (alimentos, productos de aseo, medicamentos, entre otros), sumado a la frecuente alusión a estos términos, particularmente en medios de comunicación y anuncios publicitarios. A partir de ello Kind (2004) ha reportado estas ideas alternativas en las cuales se caracteriza al ácido como una sustancia que *come o quemas materiales*, en cambio las bases no producen daño o no se conoce de ellas, es decir, la mayoría de las preconcepciones se relacionan con las sustancias ácidas más que básicas, y estas últimas siempre están pensadas en función de las primeras. Las sustancias ácidas y básicas han sido de gran interés desde tiempos históricos, desarrollando diversas teorías que permitan explicar este comportamiento. A nivel escolar las principales son de Arrhenius, la protónica y electrónica, que según Pereira (2000), a nivel didáctico y basándose en la historia de la ciencia, cumplen con 3 características que las catalogaría en buenas teorías: “ordenan y explican dominios”, “proponen problemas” y que “son prácticas, simples y funcionales”. De esta manera, es apreciable que dichas teorías apuntan al desarrollo de explicaciones y argumentaciones y no a un eje matematizado del área propuesta para el análisis.

Problema de Investigación

Sobre la base de lo planteado anteriormente, dentro de los programas curriculares oficiales propuestos y vigentes actualmente se encuentran orientaciones sobre el foco en que debe centrarse la enseñanza-aprendizaje de la ciencia, donde lo principal es lograr la alfabetización científica la cual pretende “ir más allá de la habitual transmisión de conocimientos científicos, de incluir naturaleza de la ciencia y la práctica científica y, sobre todo, de poner énfasis en las relaciones ciencia-tecnología-

sociedad. (CTS)" (Gil y Vilches, 2001, p.30). Este énfasis en temas CTS por parte de la alfabetización científica se relaciona directamente con temas socio científicos que permite a los estudiantes relacionar la ciencia con la vida cotidiana dándole significancia y relevancia en su proceso de aprendizaje, a partir de lo cual, como señala Galagovsky (2005), es imprescindible conformar campos interdisciplinarios donde se explicita la presencia de los conceptos de química, sus tecnologías e implicancias sociales, económicas y políticas.

Nos interesa problematizar sobre la enseñanza y el aprendizaje de la teoría ácido base a partir de la promoción y desarrollo de las habilidades argumentativas en el estudiantado de secundaria. Nuestras preguntas que orientan esta investigación son dos:

- (P1) *¿Cuál es la importancia del pH en los océanos? Argumente su respuesta. Objetivo: Identificar el nivel argumentativo de los estudiantes relacionados al conocimiento científico ácido-base.*
- (P2) *Argumente su postura frente a la viabilidad de que la empresa AES Gener, construya más centrales termoeléctricas en dicha región. / Objetivo: Identificar el nivel argumentativo de los estudiantes en una situación contextualizada*

Metodología, contextos e instrumentos

Se diseñó de manera preliminar un instrumento diagnóstico que contiene 2 preguntas abiertas problematizadoras sobre los impactos de termoeléctricas en Chile, las que se plantean a los estudiantes luego de la secuencia didáctica "Ácido-Base". Sus producciones son sistematizadas y organizadas, para posteriormente reducir los datos, permitiendo evaluar tanto el nivel de la argumentación como del aprendizaje de los conocimientos (ácidos, bases, pH). El instrumento fue aplicado a 30 estudiantes de secundaria, de ellos, 28 tienen 17 años y solo 2, 18; 16 estudiantes de género femenino y 14 del género masculino. Pertenecen a 3 establecimientos educacionales, 24 de dependencia particular subvencionado (PS) y 6 en dependencia particular (P) de la ciudad de Santiago. Dos de las instituciones corresponden a colegios PS y tienen un índice de vulnerabilidad (IVE) del 36% al 54%, mientras que el establecimiento P cuenta con un IVE menor al 6%. Un factor a considerar es la motivación del estudiantado y su disposición a responder un instrumento diagnóstico 'tradicional', que presenta una connotación socio científica e incluye una noticia que entrega los datos suministrados, categoría identificada por Sardá y Sanmartí (2000), los cuales permiten que el estudiantado dé inicio al aprendizaje de la estructura argumentativa propuesta por Toulmin (1993) permitiéndoles así considerar sus propios 'puntos de vista'. La problemática corresponde a la disminución de pH en los océanos provocada por un aumento en la concentración de CO₂ atmosférica producidos por las termoeléctricas. Deben argumentar en base a la importancia del pH y en la toma de decisiones sobre si consideran pertinente construir más termoeléctricas en Valparaíso (Chile).

Resultados y discusión

Se obtuvieron 30 producciones de estudiantes (60 respuestas) las cuales se organizaron y sistematizaron por colegio, sexo y edad. Para el análisis de los escritos con base en la estructura argumentativa de Toulmin (1993), se utilizan los niveles (en adelante N) propuestos por Alzate (2012) para clasificar las respuestas entregadas en cada pregunta (Figura 1).

Figura 1. Niveles Argumentativos

Descriptores de los Niveles (N)
N1: Comprende los argumentos que son una descripción simple de la vivencia.
N2: Comprende argumentos en los que se identifican con claridad los datos y una conclusión.
N3: Comprende argumentos en los cuales se identifican con claridad los datos, conclusiones y justificación.
N4: Comprende argumentos constituidos por datos, conclusiones y justificaciones, haciendo uso de cualificadores o respaldo teórico.
N5: Comprende argumentos en los que se identifican los datos, conclusión(es), justificación(es), respaldo(s) y contraargumento(s).

Fuente. Alzate, 2012, p. 218

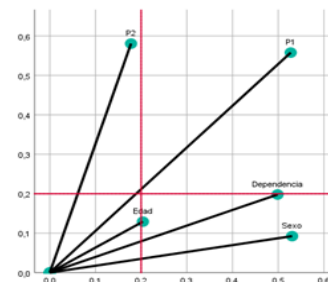
Del conjunto de 60 producciones, se reducen los datos y finalmente, se decide analizar 6 de ellas, seleccionadas intencionalmente al azar de la muestra original, y consignando que al menos una de ellas dejará en evidencia los llamados 'niveles argumentativos' (Alzate ,2012). No se obtuvieron resultados en N4 y N5. En los niveles inferiores el estudiantado expresa vivencias y opiniones, sin hacer referencia a los datos entregados o a la construcción de argumentos y contraargumentos. En la P1 la mayoría de los estudiantes están nivel 2, sin aplicar siempre conocimiento científico de ácido-base en sus argumentos. En la P2 también se identifica una mayor frecuencia el N2 basándose en sus experiencias y vivencias. Los resultados fueron graficados, distribuyendo los datos como se presentan en la Figura 2. Se aplicó un Análisis de Correspondencias Múltiple lo cual permite identificar el nivel de aplicabilidad de cada producción argumentativa del estudiantado y, sobre ella describir el patrón de respuesta predominante en el grupo de estudio. (Abascal y Grande, 1989). Sobre cada observación contenida en las dos preguntas focales y, las variables demográficas de la muestra (Figura 3) con un aporte superior al 20% en cada dimensión (las líneas vertical y horizontal definen los límites mínimos por eje), indicando que todas las variables realizan un aporte sustancial y único respecto al fenómeno de estudio. Para comprender mejor el diagrama, utilizamos la notación científica: Preguntas 1 (P1) y Pregunta 2 (P2).

Figura 2. Distribución de resultados en relación a los niveles argumentativos en cada pregunta.



Fuente. Propia

Figura 3: Medidas discriminantes entre variables



Fuente. Propia

La Tabla 1, muestra un alfa de Cronbach para cada componente o dimensión de nivel medio (componente 2) o alto (componente 1), indicando que la correlación entre las variables es considerable. Así mismo, se encontró un porcentaje de varianza suficiente para estudios sociodemográficos, siendo de 38,76 para el componente 1 y 31,15 para el componente 2. Este por lo general suele ser del 25% según Abascal y Grande (1989)

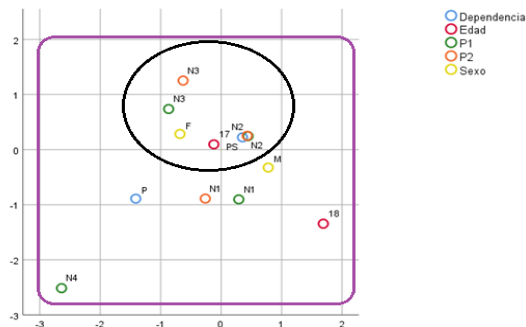
Tabla 1. Alfa de Cronbach y % de varianza por componente o dimensión

Dimensión	Alfa De Cronbach	Varianza contabilizada para Total (autovalor)	Inercia	% de varianza
1	0,605	1,938	0,388	38,761
2	0,447	1,558	0,312	31,153
Total		3,496	0,699	
Media	0,535	1,748	0,35	34,957

Fuente. Propia

Considerando que las variables se correlacionan y recogen una cantidad suficiente de información para explicar el fenómeno bajo estudio, es posible representarlas a partir de las categorías propias de cada una (Sexo: M y F; Edad: 17 y 18; Dependencia: P y PS; P1 y P2 con N1, N2, N3 y N4), particularmente las frecuencias por cada modalidad (Figura 4).

Figura 4: Respuestas frecuenciales por variables



Fuente. Propia

Discusión de los resultados obtenidos

En el diagrama anterior, se observan 2 grupos; en el espacio mayor, sobresalen estudiantes M, de 18 años, dependencia P, con N1 y N4 para P1, N1 para P2. En la Figura 2 sólo se logra categorizar una producción en el nivel 4 (nivel más alto obtenido), el cual se encuentra en el grupo ya descrito, mientras que el resto de las producciones argumentativas se encuentran en el nivel inferior. Esto se debería a que los estudiantes al pertenecer a una institución privada reciben la mayoría de las veces,

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en
nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la
formación de profesores.

una enseñanza tradicional de las ciencias (dogmática, algorítmica, escasamente discursiva) que reduce la promoción y el desarrollo intencionado de estas habilidades. Así mismo, no es frecuente un trabajo interdisciplinario permanente con otras asignaturas tales como Lenguaje y Comunicación; Ciencias Sociales; Filosofía e Historia, en las cuales se estimula con mayor énfasis la construcción de textos argumentativos. El círculo, destaca estudiantes F, de 17 años, dependencia PS, con N2 y N3 tanto para P1 como para P2. En estos niveles es donde se logró categorizar la mayor frecuencia de textos argumentativos y una mayor cantidad de respuestas en los niveles más altos obtenidos, discriminando el único texto argumentativo que alcanzó el N4. Lo que se explicaría a partir del contexto social que viven los estudiantes de establecimientos PS. A diferencia del grupo que se destaca de manera dispersa fuera del círculo la vulnerabilidad de estos estudiantes es mayor, por ende, suelen estar inmersos en situaciones de experiencias distintas que estimula a generar argumentos y contraargumentos para defender sus contextos socioculturales, lo que promueve desde sus subjetividades poner en práctica estas habilidades fuera de los establecimientos favoreciendo así su desarrollo.

Conclusiones

En relación a las dos preguntas de investigación que orientaron este estudio, los estudiantes desarrollaron diferentes *modelos argumentativos* sobre temas ácido-base de carácter socio científico, en contextos educativos diferentes. Observamos de manera indirecta, la influencia de una variable social y cultural que se ve reflejada en los diferentes Niveles, ya que la gran mayoría del estudiantado (n = 30) alcanza N2 para ambas preguntas, sólo un estudiante alcanza N4 y ninguno N5. Nos hace suponer como hipótesis, que el estudiantado de la institución privada es orientado por un aprendizaje tradicional de las ciencias, sin favorecer intencionadamente la promoción y desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas; mientras el estudiantado que aprende química en ambientes vulnerables está más vinculado con el mundo real, lo que les permitiría interpretar desde sus vivencias los problemas socio científicos asociados a la química. Además, según las diferentes orientaciones curriculares de la enseñanza de la química en los tres establecimientos, se favorece un trabajo interdisciplinario con matices, que articula la química con otras áreas del conocimiento, promoviendo diferentes habilidades cognitivas-lingüísticas. En los proyectos educativos propios de los establecimientos en los que se aplicó esta experiencia de investigación didáctica, se comienza a orientar un nuevo currículo oficial del Ministerio de Educación de Chile, denominado “Ciencias para la Ciudadanía” cuya finalidad central es promover y desarrollar en el estudiantado de secundaria habilidades cognitivas-lingüísticas como la explicación, la argumentación y la justificación, favoreciendo así una nueva mirada de la química escolar, conectada con el mundo real y los problemas socio científicos, un tema que nos interesa seguir investigando.

Agradecimientos

Este trabajo sigue las orientaciones teóricas y metodológicas del proyecto PUENTE2021 que dirige el tercer autor y que es patrocinado por la Vicerrectoría de Investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Referencias bibliográficas

- Abascal, E. y Grande, I. (1989). *Métodos multivariantes para la investigación comercial*. Barcelona, España: Ariel.
- Alzate, O. E. T. (2012). La argumentación como constituyente del pensamiento crítico en niños. *Hallazgos*, 9(17), 211-233.



Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en
nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la
formación de profesores.

-
- Camacho, J. y Autor. (2008) *Enseñar a argumentar en la clase de química*. Actas del VIII Congreso de Historia y Filosofía de la Ciencia del Cono Sur, Montevideo, Uruguay. Publicación FONDECYT 1070795
- Galagovsky, L. La enseñanza de la química pre-universitaria: ¿Qué enseñar, ¿cómo, ¿cuánto, para quiénes?. *Química Viva*, 4(1), 8-22.
- Gil, D. y Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI: Obstáculos y propuestas de actuación. *Revista Investigación en la Escuela*, 43, 27-37
- Jiménez Alexandre y Puig, B. (2010) Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: el caso de la inteligencia. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 63,11-18.
- Kind, V. (2004). *Más allá de las apariencias: Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. México: Santillana.
- Osborne, J., & Patterson, A. (2011). Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction? *Science Education*, 95, 627–638.
- Pereira, A. (2000). O ensino de aspectos históricos e filosóficos da química e as teorias ácido-base do século xx. *Química nova*, 23(1), 126-133.
- Autor, (2012) Investigar y evaluar competencias de pensamiento crítico (CPC) en el aula de secundaria. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 70,66-74.
- Sardá J. y Sanmartí. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 405-422.
- Yang, H.-T., & Wang, K.-H. (2014). A Teaching Model for Scaffolding 4th Grade Students' Scientific Explanation Writing. *Research in Science Education*, 44(4), 531-548.