

PROPUESTA DIDÁCTICA EN QUÍMICA: POTENCIANDO LA HABILIDAD ARGUMENTATIVA ESCRITA EN ESTUDIANTES DE PRIMER AÑO DE INGENIERÍA

Andrea Arias Padilla, Universidad de La Frontera, andrea.arias@ufrontera.cl

Tania Tapia Opazo, Universidad de La Frontera, tania.tapia@ufrontera.cl

Dominique Toledo Acuña, Universidad de La Frontera, dominique.toledo@ufrontera.cl

RESUMEN

Los desafíos actuales de la sociedad exigen que en la formación de ingenieros se desarrollen habilidades comunicativas como la argumentación, que les permitan justificar con evidencia la mejor de sus propuestas de ingeniería. Entonces, se requiere que los docentes incorporen metodologías de enseñanza que potencien distintas habilidades del quehacer científico. Por lo anterior, este trabajo tiene como objetivo elaborar una secuencia de actividades basada en la indagación para potenciar la argumentación escrita en estudiantes de primer año de ingeniería de la Universidad de La Frontera (UFRO). Este trabajo considera un diseño exploratorio y se desarrolla en tres etapas: (1) Categorización de niveles argumentativos, (2) Elaboración e implementación del diagnóstico y (3) Diseño de secuencia de actividades. En el diagnóstico se observó que el 56% de los estudiantes logra el nivel argumentativo más básico A1 y ninguno alcanza los niveles más avanzados. Finalmente, se diseña una secuencia de actividades en las temáticas: Interacciones intermoleculares, Propiedades de las disoluciones, Conceptos básicos de estequiometría y Acidificación de los océanos. Al aplicar la secuencia propuesta se observa que un 13% de los estudiantes presenta una progresión hacia los niveles de argumentación más avanzados A3 y A4. Se proyecta la implementación en los siguientes semestres académicos.

Palabras Claves: Argumentación, Enseñanza en ingeniería, Indagación, Química general.

INTRODUCCIÓN

Diversas investigaciones señalan que en general los ingenieros en ejercicio no enfrentan dificultades con el razonamiento matemático para la resolución de problemas de su disciplina, sino en el uso y habilidades adecuadas de estructuras del lenguaje para expresar un razonamiento formal sobre la solución de un problema disciplinar. Es necesario entonces, que la formación de profesionales de la ingeniería no se centre solo en la adquisición y transmisión de conocimientos y se asuman metodologías orientadas a potenciar nuevas formas de pensamiento y habilidades, más adecuadas a las características de los nuevos tiempos (Holvikivi, 2007; Jonassen & Kim, 2010; De Castro et al., 2015; Capote et al., 2016; Castro et al., 2017).

Es así, que en el área de la ingeniería los profesionales deben presentar propuestas de diseño y se atienden convocatorias públicas y privadas donde su justificación debe sustentarse en demostrar con evidencias y argumentos que un determinado proyecto es factible o debe llevarse a cabo. Los razonamientos para justificar las propuestas a través de la argumentación se dan a través de procesos de pensamiento más complejos que los que requieren la explicación, la descripción o la narración, por lo que se deben incluir en la enseñanza formal (Flores et al., 2018).

Importancia de la argumentación

Como señala Fiscal (2012), parte de la formación de un ingeniero debe ser, necesariamente, el desarrollo de la argumentación pues es el proceso que relaciona datos, siguiendo las reglas del pensamiento crítico, para obtener información nueva, ponerla en tela de juicio y, finalmente, aceptarla. Esto significa que es la herramienta directa entre un proyecto, su realización y la sociedad, pues tiene que existir una base y una explicación que realmente justifiquen y demuestren que un determinado resultado es verdadero, factible, es útil y sustentable. Es

importante tener claridad que un argumento se refiere a los discursos o conjunto de razones que un estudiante o un grupo de estudiantes dan a favor o en contra para justificar sus conclusiones o explicaciones, mientras que la argumentación alude al proceso de elaboración de esos discursos (Pinochet, 2015; Chamizo, 2007).

Es así, que la argumentación en ciencias se ha convertido en una prioridad para el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo, por su promoción de la interacción social y por su contribución al desarrollo de procesos metacognitivos en los estudiantes y profesores; y uno de los modelos que más ha tenido impacto en la enseñanza de las ciencias ha sido el modelo argumentativo desarrollado por el filósofo británico Stephen Toulmin (1958) (Sánchez et al., 2013; Sousa y Batista, 2015; Pinochet, 2015).

Implementar en el aula el ejercicio de la argumentación no es fácil; 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, debido a que presenta un esquema “sencillo” que guía al individuo para la construcción de un argumento. La propuesta de Toulmin se denomina Patrón de Argumentación de Toulmin o TAP por sus siglas en inglés (Toulmin’s Argumentation Pattern, 1979) y señala que: para generar una **conclusión (C)**, se parte de una **tesis (T)** (Hipótesis) que es el punto de vista u opinión en torno a un tema y se parte del supuesto que esta idea es verdadera y su validez se demostrarán en el desarrollo de la argumentación. Luego, a partir de **evidencias o datos (D)** se puede 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 por una teoría, ley o conocimiento científicamente aceptado (**Base, B**), el argumento adquiere mayor relevancia (Sardà y Sanmartí, 2000; Stanford et al., 2016; Montaña y Padilla, 2020).

Al ingresar a la universidad se espera que los estudiantes puedan argumentar de manera apropiada, de acuerdo a sus áreas de desarrollo en producciones escritas y que dichos textos argumentativos sean una apropiación de los conocimientos disciplinares. Sin embargo, varios estudios demuestran la dificultad de los estudiantes para argumentar de manera competente, donde las principales dificultades se presentan al entender las tareas o preguntas de indagación, el reconocer características de los argumentos en textos disciplinares y la generación de escritos de múltiples fuentes (Bañales et al., 2015; Oyarzún et al., 2020).

Indagación científica

El enfoque indagatorio requiere que los estudiantes piensen en forma sistemática o investiguen para llegar a solucionar razonables a un problema, esta es una característica distintiva de la indagación, pues la enseñanza se centra en el estudiante, no en el profesor; se basa en problemas, no en soluciones y promueve la colaboración entre los estudiantes, todo lo anterior, en una atmósfera de aprendizaje físico, intelectual y social (Hernández, 2012).

La indagación se considera fundamental en el proceso de aprendizaje en ciencias: se formulan preguntas, describen objetos y procesos, plantean explicaciones, se usa el pensamiento crítico/lógico, se consideran las explicaciones alternativas, se contrastan explicaciones con el conocimiento científico y se comunican las ideas a los demás. De esta manera desarrollan activamente su comprensión, combinando el conocimiento científico con el razonamiento y habilidades de pensamiento (Harlen, 2013; Uzcátegui y Betancourt, 2013). La enseñanza de las ciencias basada en la indagación privilegia la experiencia y conocimientos previos, además las clases pueden organizarse básicamente en base a cuatro etapas, cuidando que cada ciclo sea generador del siguiente (ECBI Chile, 2019; Cristóbal y García, 2013; Gómez et al., 2020):

a) Fase de focalización: Se trata de presentar un problema cuya temática a abordar se relacione con el objetivo de la actividad. Esto se hace habitualmente a través de una discusión en clase provocada por una pregunta focalizadora en la cual los estudiantes comparten lo que saben del tema y sus posibles respuestas a la interrogante planteada.

b) Fase exploratoria: Los estudiantes organizados en grupos colaborativos desarrollarán la investigación por medio de una experiencia práctica que les demostrará el tema de estudio. Los estudiantes están distribuidos en pequeños grupos de trabajo para incentivar la participación de cada uno de sus integrantes.

c) Fase de reflexión: El docente guía a los estudiantes para que éstos desarrollen un vocabulario pertinente y los estimula a que formulen definiciones y expliquen conceptos con sus propias palabras, siempre basados en la evidencia lograda por los estudiantes en la etapa exploratoria.

d) Fase de aplicación: Es una fase donde se transfiere lo aprendido a otras situaciones que no necesariamente se han planteado en la actividad hasta el momento, o los estudiantes proponen nuevas preguntas o situaciones y diseñan nuevos experimentos o formas para resolverlas.

Diseño de secuencia de actividades

En una secuencia de enseñanza y aprendizaje no solo es importante considerar la selección y secuenciación de actividades, la idea clave es que no es solo una actividad concreta la que posibilita aprender, es decir, el conjunto de actividades organizadas y secuenciadas, posibilitan un flujo de interacciones entre estudiante y profesor. Se deben plantear situaciones propicias para que los estudiantes actúen y sus ideas evolucionen en función de su situación personal (puntos de partida, actitudes, estilos, etc.). Entonces, las innovaciones en los diseños didácticos para enseñar ciencias, implican revisar a fondo cuales son los protagonistas de las actividades, y pasar de una enseñanza centrada en los profesores a otra centrada en los que aprenden, es decir, provocar la actividad mental del alumnado y ellos construyan su conocimiento (Sanmartí, 2005).

Por lo anterior, esta propuesta considera los siguientes elementos señalados por Couso (2012): (i) La visión socioconstructivista del aprendizaje, es decir, se aprende interaccionando con otros mediante el lenguaje o el discurso, es decir, los estudiantes necesitan interacción social para adquirir el discurso y las formas de pensar, de conocer y hacer ciencia. Entonces, si se quiere que los estudiantes aprendan los conceptos científicos escolares el profesor debe planificar situaciones discursivas que promuevan su aprendizaje, además de monitorear y regular este proceso de internalización. (ii) No solo se debe incluir la lógica de la ciencia, sino que también se debe considerar el contexto de aplicación del contenido, sus implicancias sociales y éticas y su relación con otros contenidos, además de la perspectiva de los estudiantes (concepciones e intereses) y sus formas de aprender.

Por lo anterior, este trabajo tiene como objetivo elaborar una secuencia de actividades basadas en la indagación para potenciar la argumentación escrita en estudiantes de primer año de ingeniería de la Universidad de La Frontera (UFRO).

DESARROLLO

Esta propuesta considera un diseño exploratorio-descriptivo y se desarrolla en tres etapas:

(1) Categorización de niveles de argumentación: se realizó una revisión bibliográfica para definir los niveles argumentativos a considerar en esta investigación.

(2) Elaboración e implementación del diagnóstico: se elaboró un cuestionario de 3 preguntas que permitieran evaluar el nivel argumentativo en textos escritos. La evaluación fue validada por

pares expertos. Se aplicó la evaluación a un grupo de estudiantes de carreras de ingeniería civil de primer año, que estuvieran cursando la asignatura *ICQ050 Introducción a la Química*. Los datos obtenidos de los textos se analizaron en primera instancia determinando la presencia o ausencia de los elementos de una argumentación según componentes del TAP y luego se clasificaron según categorización de niveles argumentativos (Tabla N° 1).

(3) Diseño de secuencia de actividades: se seleccionaron los contenidos de química a considerar en la propuesta. Luego, en base a la metodología indagatoria se diseñaron cinco actividades. Finalmente, se realizó el pilotaje de las actividades como parte de la validación.

RESULTADOS

(1) Categorización de niveles de argumentación: luego de realizar una revisión bibliográfica, se consideró una escala que permite determinar la argumentación según cuatro niveles, que van desde la más básica (A1) hasta una argumentación más avanzada (A4) (Tabla N° 1).

Tabla N° 1. Niveles de argumentación según modelo de Toulmin (Fuente: Arias, 2021).

NIVELES ARGUMENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
A1	Los argumentos son simplemente una tesis contra otra tesis. Descripción simple de la vivencia.
A2	Argumentos que contienen un fundamento base y garantía, pero no explican completamente la tesis.
A3	Argumentos que contienen una base, garantía y datos, pero no presentan una conexión clara entre ellos y/o con la tesis o afirmación inicial.
A4	Argumentos que consisten en una tesis que contiene evidencias, base y garantía, son bien fundamentadas y se relacionan lógicamente permitiendo llegar a una conclusión del tema.

(2) Elaboración e implementación del diagnóstico:

a. Se elaboró un cuestionario que considera 3 preguntas que fue validado por pares:

Pregunta 1: Pregunta de un fenómeno específico, para la elaboración de un texto argumentativo.

Pregunta 2: Análisis de texto, para reconocer características estructurales de los argumentos.

Pregunta 3: Pregunta abierta, para reconocer el concepto de argumentación.

b. El diagnóstico fue respondido de manera voluntaria por 60 estudiantes de primer año de carreras de ingeniería civil, de los cuales un 55% correspondió a varones y un 45% a mujeres de entre 18 y 20 años de edad. El cuestionario se dejó disponible en Campus Virtual institucional durante dos semanas para ser respondido.

De los resultados obtenidos en el diagnóstico, los más importantes fueron:

- En la pregunta abierta respecto al concepto de *argumentación científica*. Al analizar las respuestas, se observó que el 15% de los estudiantes indicó no conocer el concepto y el 85% restante lo comprende en términos generales y mencionan algunos de sus componentes estructurales, tal como se refleja de manera descriptiva en algunas de sus respuestas:

[E4P3] Significa dar fundamentos respecto a una idea, considerando datos e información.

[E7P3] Sería apoyar alguna idea con datos, por ejemplo, los datos por científicos en diversos estudios.

[E10P3] Fundamentar una idea con justificaciones claras, con datos y evidencia que lo sustente.

[E28P3] Se refiere a presentar ideas y evidencias para justificar sus teorías o conclusiones.

[E30P3] Es una argumentación que se hace a base de investigación y pruebas, para respaldar o refutar alguna propuesta.

[E53P3] La argumentación se refiere a la presentación de datos, observaciones y evidencia empírica para respaldar una afirmación.

- Los estudiantes en su mayoría estructuran sus argumentos incluyendo principalmente tesis y base (93% y 65% respectivamente), y solo un 12% incorpora una garantía. Finalmente, se puede observar que ninguno de los estudiantes incluye en sus respuestas, datos, evidencias y conclusión.

- Por otro lado, respecto al nivel argumentativo alcanzado por los estudiantes (pregunta 2 del diagnóstico), en la Fig. 1 se observa que un 56% logra el nivel más básico (A1), es decir, sus argumentos corresponden a una descripción simple del fenómeno y el 44% logra el nivel A2, donde los estudiantes incluyen en su texto escrito un fundamento básico y garantía, pero no explican completamente la tesis. Sin embargo, ninguno de los estudiantes alcanza los niveles más avanzados A3 y A4. Lo anterior, concuerda con lo reportado por varios estudios que demuestran la dificultad de los estudiantes para argumentar de manera competente, donde las principales dificultades se presentan al entender las tareas o preguntas de indagación, el reconocer características de los argumentos en textos disciplinares y la generación de escritos de múltiples fuentes (Bañales et al., 2015; Oyarzún et al. 2020).

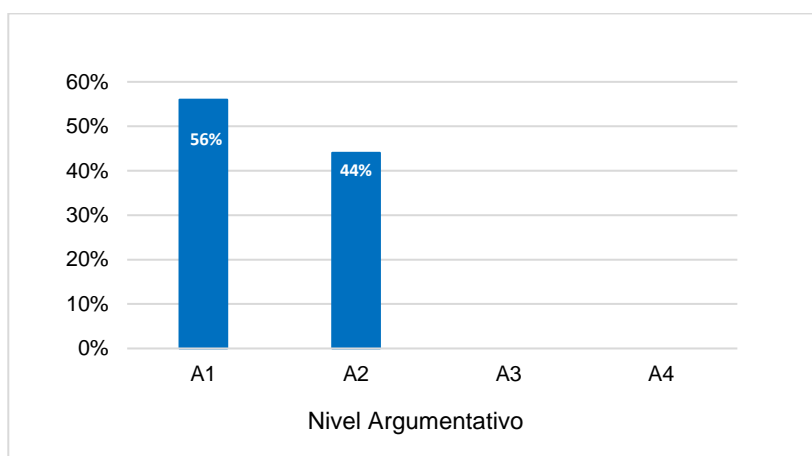


Figura N° 1. Nivel argumentativo según componentes del TAP (Fuente: elaboración propia).

-Lo anterior, reafirma la necesidad de innovar en metodologías docentes que permitan potenciar el desarrollo de habilidades argumentativas escritas en estudiantes de ingeniería desde su primer año de formación, en asignaturas de ciencias básicas y no solo en los últimos años en cursos de especialidad. Es así, que en la formación en ingeniería se deben potenciar habilidades tales como identificar hechos, observaciones o datos que pueden usarse como evidencia en un contexto dado y proponer justificaciones a partir de relaciones entre la evidencia y la afirmación.

(3) Diseño de secuencia de actividades: se seleccionaron las temáticas y contextos para las actividades de acuerdo a los perfiles de ingreso de los estudiantes (diagnósticos):

- Interacciones intermoleculares
- Propiedades de las disoluciones
- Conceptos básicos de estequiometría
- Acidificación de los océanos

Luego, se diseñan y secuencian las actividades según metodología indagatoria y niveles argumentativos.

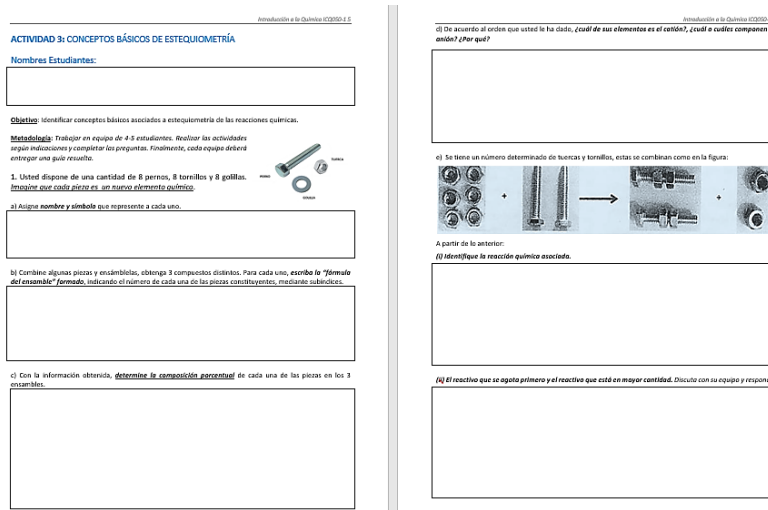


Figura N° 2. Ejemplo de actividad indagatoria (Fuente: elaboración propia).

Posteriormente, se pilotean las actividades con un grupo de 40 estudiantes de ingeniería civil (Figura N°3), quienes participaron voluntariamente para validar el diseño propuesto y realizar las últimas modificaciones antes de la implementación.



Figura N° 3. Pilotaje de la secuencia de actividades (Fuente: elaboración propia).

La Fig. N°4 muestra que en esta aplicación de la secuencia de actividades se analizaron los textos y se observa que a lo largo de las actividades los estudiantes logran ir avanzando desde los niveles de argumentación más básicos (A1) hacia los más avanzados (A3 y A4). Lo que refleja, que las actividades secuenciadas podrían potenciar la argumentación de textos en los estudiantes. Sin embargo, el desarrollo de habilidades argumentativas requiere de estrategias pedagógicas que las promuevan mediante un trabajo sistemático y de la evaluación de la calidad de un argumento en términos de los componentes del modelo de Toulmin (TAP) que están presentes (o ausentes) en el discurso (Pinochet, 2015; Chamizo, 2007).

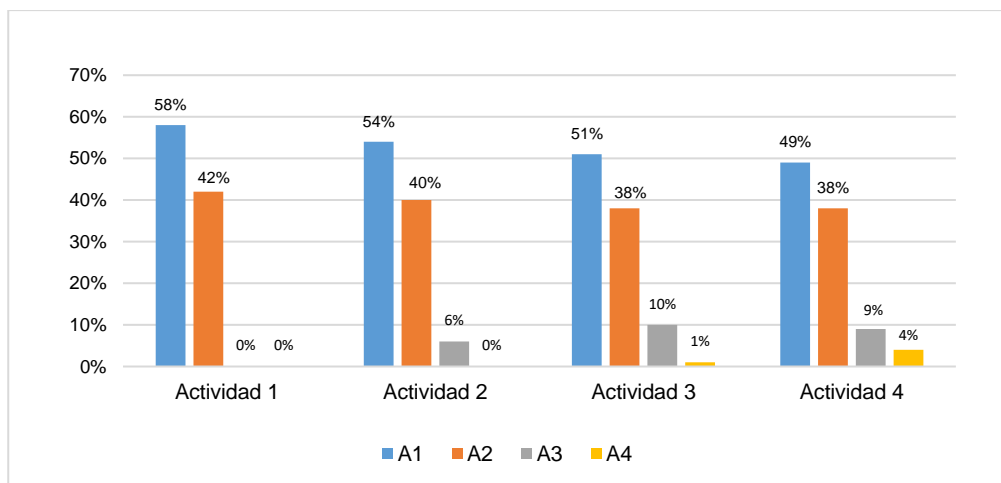


Figura N° 4. Progresión del nivel argumentativo en estudiantes luego de aplicar la secuencia de actividades (Fuente: elaboración propia).

Además, en el pilotaje los estudiantes pudieron realizar comentarios generales respecto a la propuesta de secuencia de actividades basadas en indagación. Al analizar las respuestas, se observó que en general los estudiantes lo percibieron como una excelente iniciativa para complementar y apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química, tal como se refleja de manera descriptiva en algunos de sus comentarios:

[E5A4Pf] “Actividades como estas, nos permitirían desarrollar otras habilidades como el pensamiento más crítico y trabajo en equipo”

[E13A4Pf] “Para mí siempre ha sido difícil fundamentar mis respuestas y creo que el realizar más actividades de este tipo me permitiría mejorar este aspecto y también aprender más química”

[E21A4Pf] “Ninguno de los otros profes que he tenido no realizan clases incorporando actividades prácticas... estas son entretenidas, además nos obligan a pensar en las respuestas y argumentarlas”

[E37A4Pf] “Me encantaron, la profesora debe seguir implementando estas actividades para poder ir relacionando los conceptos teóricos y fundamentar mejor nuestras ideas”

[E46A4Pf] “Es difícil para mí redactar un texto escrito, pero con estas experiencias es más fácil, además que con mis compañeros puedo discutir y llegar a una mejor respuesta”

CONCLUSIONES

1. Se logra definir una categorización de las habilidades argumentativas, que considera cuatro niveles, que van desde el más básico (A1) hasta una argumentación más avanzada (A4).
2. Se elaboró una evaluación diagnóstica y se implementó con un grupo de 60 estudiantes de primer año de ingeniería de la UFRO. El análisis de los resultados muestra que el 56% de los estudiantes logra el nivel argumentativo más básico A1, un 44% el nivel A2 y ninguno de ellos alcanza los niveles más avanzados A3 y A4. Es decir, los estudiantes incluyen en su texto escrito un fundamento básico y garantía, pero no explican completamente la tesis o afirmación inicial.
3. Se diseña una secuencia de actividades basada en la indagación para potenciar la habilidad argumentativa escrita, considerando las temáticas de química general: (1) Interacciones intermoleculares, (2) Propiedades de las disoluciones, (3) Conceptos básicos de estequiometría y (3) Acidificación de los océanos.

4. Al aplicar la secuencia de actividades a un grupo de 40 estudiantes, se observa que un 13% presenta una progresión hacia los niveles de argumentación más avanzados (A3 y A4).

5. De acuerdo a los requerimientos actuales en la formación de profesionales de ingeniería, la actividad docente debe desafiarse a incorporar desde los primeros años de formación (en las ciencias básicas) metodologías de enseñanza innovadoras que potencien el desarrollo de distintas habilidades del quehacer científico, como la argumentación.

AGRADECIMIENTOS

1. Al Proyecto de Investigación Formativa, IF22-0007: *Propuesta de secuencia de actividades basadas en la indagación que potencien el desarrollo de la habilidad argumentativa en estudiantes de ingeniería como aporte a la enseñanza y aprendizaje de la química*, dependiente de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad de La Frontera-Chile.

2. A la Dirección de Postgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad de La Frontera.

3. Al Departamento de Ciencias Químicas y Recursos Naturales, Universidad de La Frontera.

REFERENCIAS

- Arias, A. (2021). Desarrollo de argumentación científica en estudiantes de pedagogía en ciencias a través de una secuencia de enseñanza y aprendizaje en torno a controversia socio-científica. *Revista de Innovación en Enseñanza de las Ciencias*, 5(1), 3-29.
- Bañales Faz, G., Vega López, N. A., Araujo Alvinada, N., Reyna Valladares, A., y Rodríguez Zamarripa, B. S. (2015). La enseñanza de la argumentación escrita en la universidad: una experiencia de intervención con estudiantes de lingüística aplicada. *Revista mexicana de investigación educativa*, 20(66), 879-910.
- Castro A., et al. (2017). *Un Estudio de Argumentación en Ingeniería*. Colombia: Editorial Universidad del Norte.
- Capote León, G. E., Rizo Rabelo, N., & Bravo López, G. (2016). La formación de ingenieros en la actualidad. Una explicación necesaria. *Revista Universidad y Sociedad* [seriada en línea], 8(1), 21-28. ISSN 2218-3620.
- Chamizo, J. (2007). Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 25(1), 133-146.
- Couso, D. (2012). Las secuencias didácticas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: Modelos para su diseño y validación. *Didáctica de la Física y la Química*, 57-83.
- Cristóbal, C. y García, H. (2013). La indagación científica para la enseñanza de las ciencias. *Horizonte de la Ciencia*, 3(5), 99-104.
- De Castro, A. E., Torres, L., & Canelo, J. (2015). Argumentación en ingeniería: un estudio en dos universidades colombianas. In *Conference paper in II Congreso Internacional de Innovación Educativa*.
- ECBI CHILE. (16 de marzo de 2019). *Método Indagatorio*. Obtenido de ECBI Chile: Educación en Ciencias basada en la Indagación: <http://www.ecbichile.cl/home/metodo-indagatorio/>
- Fiscal Ireta, C. (2012). Lógica, pensamiento crítico, argumentación y ética en la formación de ingenieros. *Innovación educativa (México, DF)*, 12(60), 137-146. ISSN 1665-2673
- Flores, M. D., Franco, J.C, Raygoza S, L. R., & Vargas, D. R. (2018). La argumentación, fundamento en la formación de líderes de ingeniería. *ANFEI Digital*, (8), 1-10. ISSN 2395-9878
- Gómez, G., Galaz, J., Silva, J., Varela, D., & Lechuga, H. (2020). Implementación de la Metodología Indagatoria-Mayéutica en la Educación médica en Chile. *Rev. ANACEM (Impresa)*, 8-13.

- Harlen W. 2013. Evaluación y Educación en Ciencias Basada en la Indagación: Aspectos de la Política y la Práctica. Trieste. Italia ISBN: 978-1-291-49836-3. pp. 1-95.
- Hernández C. 2012. Utilización de la indagación para la enseñanza de las ciencias en la E.S.O. Elaboración de material didáctico y su puesta en práctica en el aula. Trabajo fin de master, Valladolid. Máster en Profesor de Educación Secundaria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas.
- Holvikivi, J. (2007). Logical reasoning ability in engineering students: a case study. *IEEE Transactions on Education*, 50(4), 367-372. DOI: 10.1109/TE.2007.906600.
- Jonassen, D.H., & Kim, B. (2010). Arguing to learn and learning to argue: design justifications and guidelines. *Educational Technology Research and Development*, 4(58), 439-457. DOI 10.1007/s11423-009-9143-8.
- Montaño, J. y Padilla, K. (2020). Implementación y evaluación de la habilidad de argumentación en las clases de química del bachillerato. *Educación Química*, 31(2), 51-68. DOI: 10.22201/fq.18708404e.2020.2.69287.
- Oyarzún, R., Valdés-León, G. & salas, J. (2020). Enseñanza de la argumentación escrita en estudiantes de ingeniería: Una experiencia de alfabetización académica. *RECUS: Revista Electrónica Cooperación Universidad Sociedad*, 5(2), 13-23. ISSN 2528-8075.
- Pinochet, J. (2015). El modelo argumentativo de Toulmin y la educación en ciencias: una revisión argumentada. *Ciência & Educação*, 21(2), 307-327. <https://doi.org/10.1590/1516-731320150020004>
- Posada, J. L. (2015). La argumentación y su rol en el aprendizaje de la ciencia. *Revista Tesis Psicológica*, 10(1), 146-160. ISSN 1909-8391.
- Sánchez M., González A. y García M. (2013). La argumentación en la enseñanza de las ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 9(1), 11-28. ISSN: 1900-9895.
- Sanmartí, N. (2005). La unidad didáctica en el paradigma constructivista. En: D. Couso E, Cadillo G, Perafán A, Adúriz-Bravo. *Unidades didácticas en Ciencias Experimentales*. Barcelona: Magisterio, 13-58.
- Sardà i Jorge, A., y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a Argumentar Científicamente: Un Reto de las Clases de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 405-422. ISSN 2174-6486.
- Sousa, S. y Batista, M. (2015). La argumentación en la enseñanza de ciencia perspectivas más allá del aula, *CIENCIAS*, 30-39.
- Stanford, C., Moon, A., Towns, M. & Cole, R. (2016). Analysis of Instructor Facilitation Strategies and Their Influences on Student Argumentation: A Case Study of a Process Oriented Guided Inquiry Learning Physical Chemistry Classroom. *Journal of Chemical Education*, 93(9), 1501-1513. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00993>
- Tamayo, O. (2014). Pensamiento crítico dominio-específico en la didáctica de las ciencias. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, (36), 25-46. ISSN 0121- 3814.
- Uzcátegui Y. y Betancourt C. 2013. La metodología indagatoria en la enseñanza de las ciencias: una revisión de su creciente implementación a nivel de Educación Básica y Media. Inquiry methodology in the teaching of the sciences: a review of its growing implementation to basic and secondary education level. *Revista de Investigación* N° 78, Vol. 37.