

Fecha recibido: 19 de octubre de 2018 · Fecha aprobado: 29 de enero de 2019

# LA ARGUMENTACIÓN: UNA ESTRATEGIA PARA EL APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE ENLACE QUÍMICO

**Jesús Xavier Bernate-Tovar**

Magíster en Educación, Universidad de Caldas. Profesor Colegio Mayor de Nuestra Señora, Manizales, Colombia.

[jxbermate@hotmail.com](mailto:jxbermate@hotmail.com)

ORCID: 0000-0001-6314-6435

**Francisco Javier Ruiz-Ortega**

Doctor en Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas, Universidad Autónoma de Barcelona. Profesor Departamento de Estudios Educativos, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

[francisco.ruiz@ucaldas.edu.co](mailto:francisco.ruiz@ucaldas.edu.co)

ORCID: 0000-0003-1592-5535

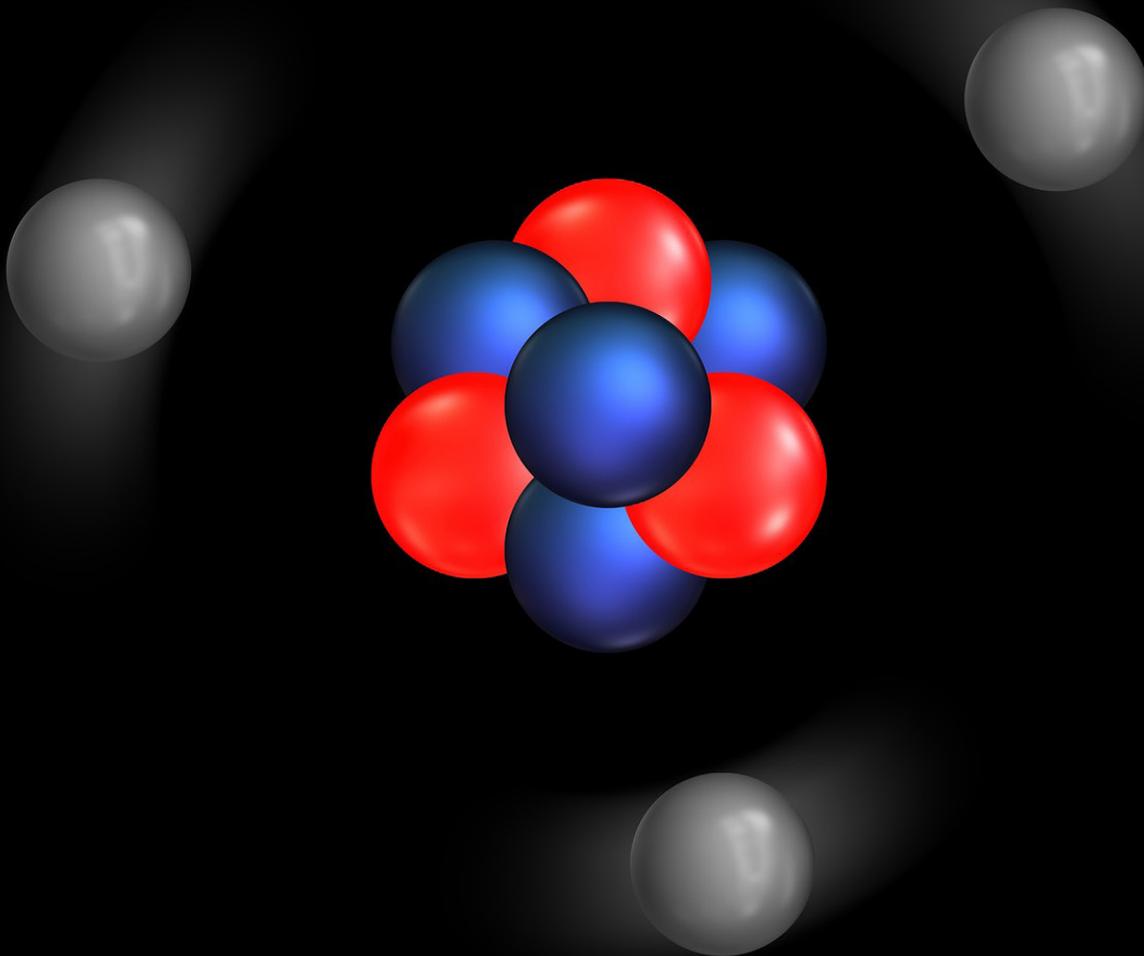
*Cómo citar este artículo*

Bernate-Tovar, J. y Ruiz-Ortega, F. (2019). La argumentación: una estrategia para el aprendizaje del concepto de enlace químico. *Revista de Investigaciones UCM*, 19(33), 26-36.



Revista de Investigaciones UCM · ISSN: 0121-067X (Impreso)

ISSN: 2539-5122 (En línea) · OCDE: 5C01 · DOI: <http://dx.doi.org/10.22383/ri.v19i33.122>



---

## LA ARGUMENTACIÓN: UNA ESTRATEGIA PARA EL APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE ENLACE QUÍMICO

**Objetivo:** Describir los niveles argumentativos que sustentan los modelos conceptuales de los estudiantes sobre el enlace químico. **Metodología:** La propuesta investigativa se fundamenta en un enfoque cualitativo de corte descriptivo, acompañado de análisis cualitativos. El instrumento utilizado para la recolección de los datos fue un cuestionario aplicado a 25 estudiantes de un colegio urbano y oficial de la ciudad de Manizales, al inicio y al final de la intervención didáctica sustentada en el desarrollo de procesos argumentativos. **Hallazgos:** Los niveles argumentativos superiores están relacionados con modelos conceptuales escolares cercanos a los científicos. **Conclusiones:** Al implementar estrategias que propicien la argumentación en el aula de clase, se generó una relación proporcional en la complejidad de los argumentos construidos por los estudiantes, identificándose cambios graduales en el avance de los dos aspectos.

**Palabras clave:** argumentación, niveles argumentativos, modelos conceptuales, aprendizaje.

## THE ARGUMENTATION: A STRATEGY TO LEARN THE CONCEPT OF CHEMICAL BOND

**Objective:** to describe the argumentative levels that support students' conceptual models on the topic of chemical bond. **Methodology:** the research proposal is based on a qualitative descriptive approach, along with a qualitative analysis. A questionnaire applied to 25 students of an urban-public school in the city of Manizales, Caldas, Colombia was the instrument used for the data collection process at the beginning and at the end of the didactic intervention supported in the development of argumentative processes. **Findings:** the highest argumentative levels are related to school conceptual models, which are close to the scientific models. **Conclusion:** When implementing the strategies that fostered the argumentation in class, a proportional relation in the complexity of the arguments built by the students, was generated, identifying gradual changes in the progress of both aspects.

**Key words:** argumentation, argumentative levels, conceptual models, learning.

## Introducción

“Nuestro argumento es que, para proporcionar una educación científica adecuada a los jóvenes, es necesario re-conceptualizar las prácticas de la enseñanza de las ciencias a fin de representar el conocimiento científico como algo socialmente construido” (Driver, Newton & Osborne, 1998, p.289)

Actualmente se reconoce a la argumentación como una competencia a incentivar para la construcción del conocimiento científico en el aula, no obstante, es poco frecuente que ingrese al aula de clase de ciencias (Driver, Newton & Osborne, 1998). Ruiz (2012) afirma “[...] en clase de ciencias se da poco espacio a las discusiones, y los trabajos colectivos no muestran una clara intención de alentar al debate” (pp.156-157). Las estrategias típicas a menudo inhiben el discurso y la opinión, ocasionando que el estudiante no alcance una estructura argumentativa consistente, originando la pérdida en la claridad discursiva y aprobación de sus “episodios argumentativos (EA)” (Ruiz, Tamayo y Márquez, 2012, p.231).

Sobre la argumentación en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, se han desarrollado investigaciones con las cuales se ratifica la importancia de propiciar ambientes en el aula que permitan convertir dichos procesos, en espacios dialógicos entre docentes y estudiantes alrededor de una disciplina específica (Campaner y De Longhi, 2007; Henao y Stipcich, 2008; Jiménez-Aleixandre y Díaz, 2003; Bravo, Puig, Jiménez-Aleixandre, 2009; Berland & McNeill, 2010; Sardá & Sanmartí, 2000; Sardá, 2005; Simon, Erduran, Osborne, 2006).

Frente a la argumentación en ciencias, esta se concibe como un proceso dialógico indispensable para la co-construcción y comprensiones de los conceptos disciplinares tratados en el aula (Ruiz, Tamayo y Márquez, 2015). Su relevancia se evidencia en debates y discusiones educativas, que tratan de simular los realizados por la comunidad científica, necesarios en contextos externos del aula, es decir, en la cotidianidad vivida por el alumno. De igual modo, es primordial entender que dicho asunto debe ser comprendido como acciones sociales, abordadas desde

procesos de interacción comunicativa (Henao y Stipcinh, 2008), para lo cual es indispensable estructurar la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva discursiva, que posibilite, por una parte, involucrar de manera explícita el lenguaje científico, y por otro, interpretar y actuar de forma conveniente en los diferentes contextos de interacción donde se movilice el que aprende.

La estructura argumentativa se abordó desde los estudios realizados por Sandler & Fowler (2006), específicamente en su rúbrica de la calidad de los argumentos, fundamentada en la perspectiva de Toulmin (Henao y Stipcich, 2008), siendo la justificación, el fundamento teórico y el contrargumento sus pilares. A continuación, se muestra la rúbrica utilizada para reconocer los niveles argumentativos de los alumnos participantes en la investigación:

Tabla 1.  
Rúbrica de la calidad de la argumentación de Sandler & Fowler

Puntuación	Rúbrica
0	Sin justificación
1	Justificación sin fundamento teórico
2	Justificación con fundamento teórico simple
3	Justificación con fundamento teórico elaborado
4	Justificación con fundamento teórico elaborado y una contraposición

Fuente: Sadler & Fowler, 2006, p. 994.

Para esta investigación es fundamental dialogar sobre los modelos conceptuales, entendidos según Moreira, Greca y Palmero (2002), como “aquellos inventados, diseñados, por investigadores, ingenieros, arquitectos, profesores para facilitar la comprensión o enseñanza de sistemas físicos, o estados de cosas físicas, objetos o fenómenos físicos” (p.9). De igual manera son comprendidos como representaciones externas abaladas por una comunidad académica, las cuales se reconocen como conocimiento científico.

A su vez, es necesario diferenciar entre los modelos conceptuales y los modelos mentales, los primeros definidos anteriormente y los

últimos abordados como representaciones internas básicas en la funcionalidad del sujeto, que recrean internamente las cosas, pero no de forma concreta por quien las comprende, permitiéndole explicar y entender los fenómenos de una manera no necesariamente científica. Cabe anotar que los modelos conceptuales son diseñados por individuos que precisan de modelos mentales, los cuales son aprendidos y enseñados por otros sujetos que operan de la misma manera. Indicando que la mente humana se basa en ellos para producir, enseñar y aprender modelos conceptuales (Moreira, Greca y Palmero, 2002).

Después de realizar el rastreo teórico sobre el concepto de enlace químico, emergen 6 categorías que son: afinidad química, atracciones mecánicas, fuerza eléctrica, electronegatividad, naturaleza electrónica y modelo cuántico. Ellas se fusionaron para generar 3 modelos conceptuales, de allí que la categoría afinidad electrónica y atracción mecánica conformen al modelo conceptual de atracción mecánica (M1); la categoría fuerza eléctrica y electronegatividad estructuran al modelo conceptual de electroquímica (M2); y las categorías naturaleza electrónica y modelo cuántico formen al modelo conceptual configuración electrónica (M3). Las características de cada uno son:

Tabla 2.  
Modelos conceptuales y sus características

Modelo conceptual	Características
<b>Modelo atracción mecánica</b>	Las partículas presentan atracción, que depende del grado de simpatía entre ellas. Moléculas que están constituidas por partículas en forma de racimo.
<b>Modelo electroquímica</b>	Las fuerzas eléctricas son las que permiten la formación de los enlaces químicos, a través de la atracción y repulsión que estabilizan las partículas en un equilibrio de energía potencial.
<b>Modelo configuración electrónica</b>	Se relaciona la valencia con la configuración electrónica para comprender la alteración de la estructura electrónica, junto con el modelo cuántico probabilístico, para explicar la liberación de energía en el fenómeno del enlace químico.

La tabla 2 establece las características de los modelos conceptuales, utilizados con el objetivo de ubicar a los estudiantes dentro de cada uno de ellos durante el proceso de diagnóstico inicial y final, para realizar los análisis posteriores de los resultados obtenidos. Autoría propia.

El presente documento es un extracto de la investigación titulada "La argumentación en la construcción de modelos conceptuales escolares sobre el enlace químico", desarrollada en el marco de la Maestría en Educación de la Universidad de Caldas y que tiene como pretensión identificar los niveles argumentativos y modelos conceptuales escolares sobre el tema enlace químico con estudiantes de grado sexto de un colegio público de la ciudad de Manizales- Caldas.

## Materiales y métodos

El Instituto Latinoamericano de la ciudad de Manizales es un colegio de carácter público, tiene como enfoque las pedagogías activas, y participa dentro del modelo de Escuela Activa Urbana (EAU). En el nivel de la Básica Secundaria, específicamente en el grado sexto. El grupo se conforma por 16 niños y 9 niñas, cuyas edades oscilan entre los 10 y los 16 años de edad. Los estudiantes pertenecen a estratos socio-económicos 1, 2 y 3 y considerados como población vulnerable por el contexto social que se presenta en los barrios donde viven.

La propuesta investigativa se fundamenta en un enfoque cualitativo acompañado de análisis

cuantitativos de corte descriptivo para los niveles argumentativos y los modelos conceptuales. La descripción se genera tras el análisis de los textos elaborados por los estudiantes como respuesta a la aplicación en dos ocasiones de un cuestionario, integrado por preguntas de naturaleza abierta y que fue validado mediante prueba piloto y juicio de expertos.

Este estudio se orientó a la identificación de los niveles argumentativos que sustentan los modelos conceptuales sobre enlace químico. Para describir los niveles argumentativos se utilizó la rúbrica expuesta en la tabla 1. Para la ubicación y descripción de los modelos conceptuales se utilizó la tabla 2.

## Resultados

Se relaciona en la figura 1 los modelos conceptuales de los estudiantes durante el momento inicial, con un modelo de atracción mecánica (M1) de 52%; modelo de electroquímica (M2) de 8%; modelo de configuración electrónica (M3) de 0%; y no respondieron (NR) de 40%. Al final de la investigación los porcentajes obtenidos fueron de 52% para M1; 48% en M2; 0% en M3 y NR.

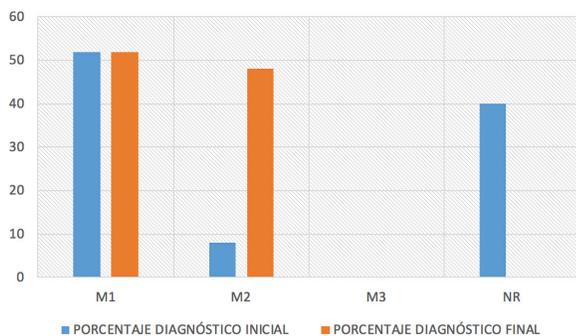


Figura 1. Relación modelos conceptuales iniciales vs finales

Los resultados obtenidos, en cuanto a los niveles argumentativos para el modelo de atracción mecánica M1, después de aplicar la herramienta diagnóstica, fueron: El 52% de los estudiantes se ubican en el modelo de atracción mecánica (ver gráfica 1), correspondiente a 13 estudiantes, repartidos de la siguiente manera: el 23% se ubican en N1 y 77% en N2; así como lo muestra la figura 2, donde se relaciona el modelo conceptual

M1 y el nivel argumentativo de los estudiantes:

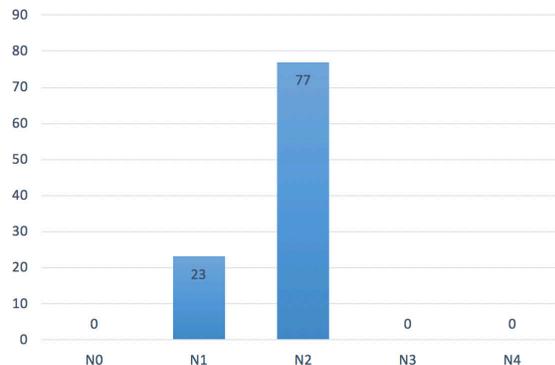


Figura 2. Relación entre el modelo atracción mecánica M1 y los niveles argumentativos durante el momento 1

La estructura de los argumentos de los estudiantes ubicados en N1 se caracteriza por presentar justificaciones sin fundamento teórico. A continuación, se extrae una respuesta que ejemplifica lo anterior:

**Pregunta:** ¿A qué le atribuyes que se rompa el jarrón de yeso, mientras que el de plata no?

**P4:** Yo creo porque el de plata es más fino y tiene partículas más gruesas.

El estudiante le atribuye a la fineza y el tamaño de las partículas las características que permiten la ruptura o no del material, evidenciando una estructura argumentativa con expresiones carentes de soportes teóricos claros, pese a ello, su respuesta se puede acercar al conocimiento disciplinar abordado desde el fundamento de atracción mecánica (M1), al establecer la existencia de partículas que conforman al objeto. Su nivel argumentativo refleja justificaciones sustentadas en lo sensorial, en este caso, la observación puede instarlo en un nivel "macroscópico" de representación del modelo, cuando dice "porque el de plata es más fino y tiene partículas más gruesas".

Para el Nivel 2, la estructura argumentativa de los estudiantes se caracteriza por justificaciones con fundamento teórico simple, así como se evidencia en las respuestas de algunos estudiantes. Para sustentar lo anterior se utiliza el siguiente ejemplo:

**Pregunta:** Si te pidieran explicar a un colega sobre la unión de los átomos presentes en los materiales que estamos analizando, ¿Qué le dirías sobre cómo se unen y cómo se puede eliminar esa unión?

**P7:** *Se unen por átomos o partículas pegajosas y se elimina esa unión con una quebradura o caída fuerte.*

Los estudiantes presentan en su estructura argumentativa justificaciones que contienen cierto carácter de científicidad (Custodio, Márquez y Sanmartí, 2015), que les permite generar explicaciones a sus pares, apoyándose en otorgarle propiedades pegajosas, como se evidencia en el fragmento: *“Se unen por átomos o partículas pegajosas”*, suponiéndose así, que las partículas realizan algún tipo de enlace, con el objetivo de formar a partir de los átomos, a las moléculas y por último a los objetos; además, nótese cómo eso “pegajoso” se elimina al romperse el jarrón por la caída, estableciendo una visión macroscópica del fenómeno.

Un apartado especial son las representaciones dibujadas por ellos, donde se acercan con mayor certeza al modelo conceptual de atracción mecánica como se evidencia en P8, que mediante su esquema mecánico en forma de engranes permite establecer la forma como comprende el fenómeno inicialmente. Su modelo mecanicista de conformación de los enlaces entre los átomos funciona de tal manera que cada engrane cumple la función de un átomo y sus enlaces se presentan cuando existe una sincronía perfecta entre engrane y engrane. El diagrama de P8, donde el yeso es el material, permite comprender la relación mediante una fuerza de atracción que muestran los átomos al realizar enlaces. Otra situación a analizar es la de P21, al cumplir con uno de las características principales del M1, en cuanto a la organización de los átomos en forma de racimo, tal como se observa en su dibujo.

**Pregunta:** Mediante dibujos representa la manera como los átomos que constituyen cada uno de los jarrones de plata y yeso están unidos.

**P8**

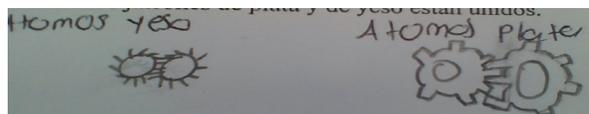


Figura 3. Dibujo del estudiante P8.

**P21**

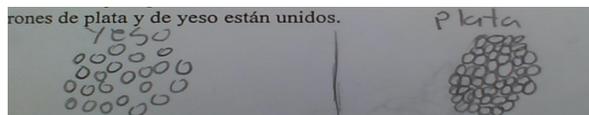


Figura 4. Dibujo del estudiante P21.

Otro de los aspectos relevantes obtenidos tras el análisis de los datos tiene que ver con las confusiones manifiestas en las respuestas de los estudiantes en relación con el átomo y su vinculación a estructuras “vivas” como la célula. Quizá, esta situación que refleja querer representar el átomo desde sus conocimientos sobre el tema celular, amplía mucho más el panorama de intervención al presentarse dificultades conceptuales muy arraigadas. P10 y P17 exponen una clara dificultad en relación con la manera, para ellos, de lograr romper los enlaces “por medio del microscopio” o de estar conformados por estructuras vivas “las bacterias”. A continuación, se ejemplifica mediante un fragmento lo antes mencionado:

**Pregunta:** Si te pidieran explicar a un colega sobre la unión de los átomos presentes en los materiales que estamos analizando, ¿Qué le dirías sobre cómo se unen y cómo se puede eliminar esa unión?

**P17:** *Se unen por las moléculas, esas moléculas y átomos que se unen se pueden separar por medio de un microscopio.*

**Pregunta:** Si pudieras atravesar el material del cual están hechos los jarrones, ¿Qué imaginas pudieras ver en tu paso de un lado al otro?

**P10:** *Se podría ver los átomos, partículas, las bacterias, etc.*

El modelo conceptual electroquímica (M2), corresponde al 8% del grupo (ver figura 1), constituido por 2 estudiantes del total, de los cuales el 100% se ubican dentro del nivel argumentativo N2, así como se muestra en la figura 5, donde se relaciona el modelo conceptual

electroquímica con el nivel argumentativo al inicio o momento 1 de la investigación:

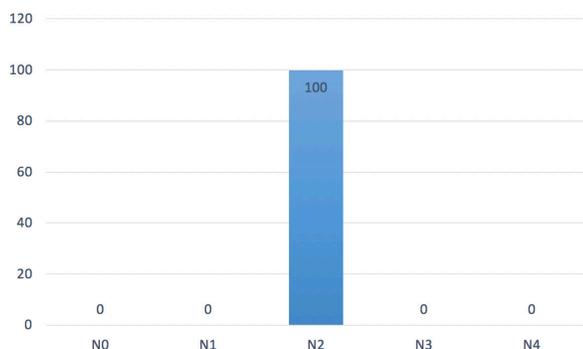


Figura 5. Relación entre el modelo electroquímica M2 y los niveles argumentativos durante el momento 1

Para el nivel argumentativo N2 los estudiantes presentan una estructura argumentativa que se caracteriza por justificaciones con alguna fundamentación teórica, permitiendo dar explicaciones próximas al conocimiento disciplinar. Para soportar lo anterior se extraen algunas respuestas de los estudiantes para ejemplificarlo:

**Pregunta:** Si pudieras atravesar el material del cual están hechos los jarrones, ¿Qué imaginas pudieras ver en tu paso de un lado al otro?

**P16:** Vería cómo están los átomos unidos y pudiera ver cómo son de frágiles los dos.

Los estudiantes articulan la estructura de sus argumentos con justificaciones que contienen una aproximación tenuemente científica, acercando sus respuestas a las propuestas fundamentadas desde el conocimiento disciplinar, al establecer que ellos podrían ver en su paso a través del jarrón "cómo están los átomos unidos", estableciendo una relación directa con el modelo conceptual de electroquímica.

**Pregunta:** Mediante dibujos representa la manera como los átomos que constituyen cada uno de los jarrones de plata y yeso están unidos.

#### P12

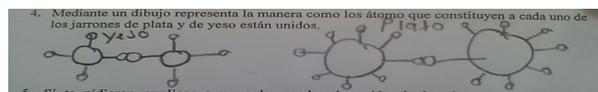


Figura 6. Dibujo del estudiante P12.

P12 dibuja el núcleo del átomo como una esfera de mayor tamaño y a los electrones con otras más pequeñas que lo rodean, dicha abstracción la deduce el investigador desde la interpretación que puede observar en las imágenes; de esta manera, el estudiante relaciona la unión de los átomos con los electrones más lejanos, tal como lo plantea el modelo conceptual M2 a través de la teoría de los electrones de valencia, donde los electrones juegan un papel preponderante para la realización de los enlaces que conforman a las sustancias.

#### P16

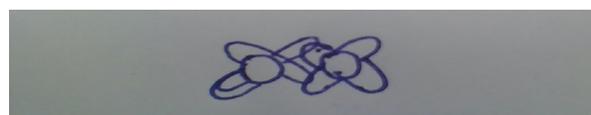


Figura 7. Dibujo del estudiante P16.

P16 tiene mayor aproximación al fundamento teórico simple propuesto en el nivel argumentativo 2. Las representaciones realizadas por él son muy rudimentarias, pero próximas al modelo atómico cuántico-probabilístico, permitiendo establecer relaciones e interacciones entre las órbitas más lejanas y entrar en contacto las mismas para producir el enlace, aportando una gran similitud a lo establecido por la teoría para la conformación de los enlaces químicos. Lastimosamente, no existen suficientes precisiones u otros elementos que permitan abstraer, por parte del investigador, una mayor elaboración en su justificación pictográfica.

Para el momento 3 o final, el modelo conceptual atracción mecánica (M1) se obtiene como resultado que el 52% se encuentran ubicados dentro del modelo conceptual correspondiente a 13 estudiantes, discriminados en 8% en N1; 77% en N2; y 15% en N3 (ver figura 8). La figura 8 muestra la relación entre el modelo conceptual y el nivel argumentativo de los estudiantes que se ubican dentro de M1.

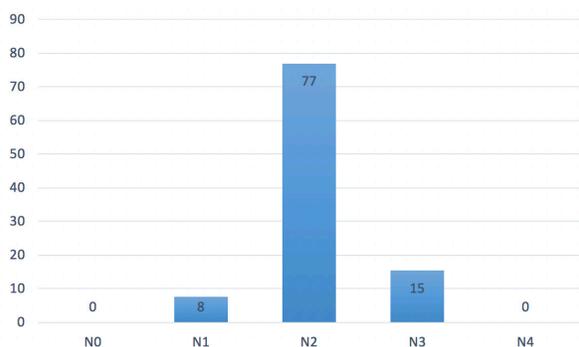


Figura 8. Relación entre el modelo atracción mecánica M1 y los niveles argumentativos durante el momento 3

Para el análisis nos remitiremos al nivel argumentativo 2 (N2). Se toma este debido a que se obtiene un alto porcentaje de estudiantes dentro de M1 para el momento 3, donde ellos se caracterizan por presentar estructuras que contienen justificaciones con fundamento teórico simple.

Al final del proceso (ver figura 1), dentro del modelo conceptual electroquímica (M2) se encuentran el 48% de los estudiantes del grupo que equivalen a 12; de los cuales el 58% se ubican en N2 y 42% en N3, como se evidencia a continuación:

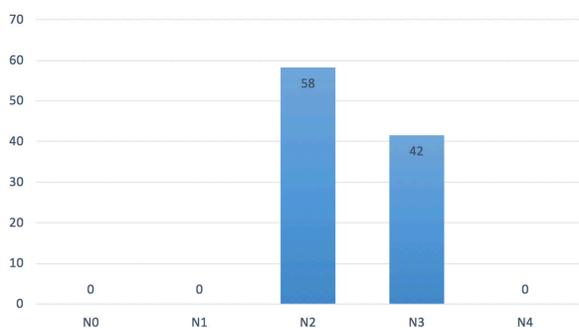


Figura 9. Relación entre el modelo electroquímica M2 y los niveles argumentativos durante el momento 3

El nivel argumentativo 2 corresponde a estudiantes que tienen como característica en su estructura argumentativa, justificaciones que permiten evidenciar cierta aproximación al conocimiento científico. Para demostrar lo anterior se utilizarán algunas respuestas de estudiantes que lo ejemplifican a continuación:

**Pregunta:** Si te pidieran explicar a un colega sobre la unión de los átomos presentes en los materiales que estamos analizando, ¿Qué le dirías sobre cómo se unen y cómo se puede eliminar esa unión?

**P10:** Se eliminarían cuando otro átomo le quitaría todos los electrones y se eliminaría la unión entre el jarrón.

**P25:** Los átomos se unen por enlaces, hay tres tipos de enlaces el covalente, iónico y metálico.

Los estudiantes utilizan justificaciones con algún fundamento teórico, al explicar a un colega la forma como se unen y cómo se elimina la unión de los átomos, abordado desde contenidos disciplinares propios de los enlaces químicos, así como lo es el enlace iónico al manifestar P10 "le quitaría todos los electrones", permitiendo evidenciar el concepto donde la ganancia y pérdida de electrones se da por la transferencia de los mismos para generar enlaces y la formación de sustancias iónicas como cationes y aniones, aunque esta situación no es manifestada directamente por el alumno, el investigador la intuye. Sumado a los aportes se encuentra P25 con su explicación, donde se aborda la unión por los enlaces, mencionando los tipos de enlaces avalados por las comunidades científicas para responder a la pregunta. La investigación evidencia que los alumnos, después de la intervención, reconocen e identifican a los enlaces químicos como ese elemento que hace posible que se unan los átomos para formar a las moléculas y a los objetos, a través de los electrones como eje principal y constitutivo para la realización de los enlaces como lo establece el modelo electroquímica (M2).

Dentro del nivel argumentativo N3 encontramos un grupo de educandos que alcanzan a desarrollar cierta elaboración en sus respuestas, aproximándolos a los modelos establecidos dentro la presente investigación, evidenciado en sus respuestas, así como se muestra a continuación:

**Pregunta:** Mediante dibujos representa la manera como los átomos que constituyen cada uno de los jarrones de plata y yeso están unidos.

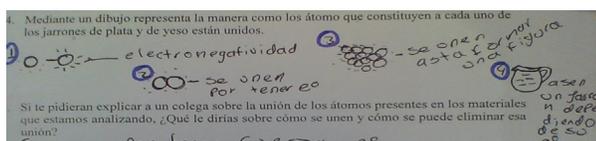


Figura 10. Dibujo del estudiante P11.

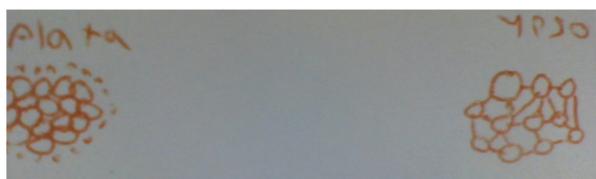


Figura 11. Dibujo del estudiante P13.

La figura complementa lo conceptual y lo argumentativo, en tanto que verla independiente de un texto escrito posiblemente debilitaría la ubicación en un nivel o un modelo conceptual. En tal sentido, podría decirse que los alumnos se ubican en el nivel argumentativo N3, al interpretar que sus estructuras argumentativas contienen algunos aspectos más elaborados, que los aproximan con potencia al modelo electroquímico, en tanto que el estudiante P11 establece una relación, por etapas, en la forma como se realizan los enlaces para estructurar a un objeto. Su representación permite observar a la electronegatividad como capacidad propia de M2, que propicia a través de la formación de enlaces la estructura atómica como constituyente de la organización macroscópica de la materia, así como lo es el jarrón que podemos observar; además, el estudiante le atribuye la formación de enlaces a las fuerzas electroquímicas donde los átomos y los electrones juegan un papel preponderante para la unión y conformación de la materia, siendo características propias del modelo, tal como se plantea desde la teoría dentro de la investigación.

Para complementar lo manifestado anteriormente, en relación con el nivel argumentativo N3 y su transversalidad con M2, se analiza el dibujo del estudiante P13 al representar los enlaces del jarrón de plata en forma de un racimo de esferas que simulan los átomos que se encuentran rodeados por unos puntos pequeños que se identificarían, desde la interpretación del investigador, como los electrones en el enlace metálico, así como lo plantea la teoría

del modelo, siendo un elemento potente para ubicar al estudiante en el nivel argumentativo N3, en razón de la estructura elaborada de su diagrama. Por el contrario, la representación del jarrón de yeso lo diseña formando algo similar a las estructuras cristalinas de los enlaces iónicos, con esferas grandes como si fueran los átomos y unas líneas que los mantienen unidos, similar a las fuerzas de atracción que realizan los electrones al formar los enlaces. Las abstracciones realizadas por el investigador se asumen por la similitud de las representaciones con las explicadas durante los momentos de la intervención. Nuevamente se logra relacionar el nivel argumentativo N3 desde su perspectiva de alcanzar que el alumno proponga una justificación con fundamento teórico elaborado al producir sustento e imágenes propias de la teoría que son reconocidas por él para dar explicación del fenómeno y su relación con el modelo de electroquímica M2.

## Conclusiones

Se identifica una relación directa entre los modelos conceptuales y los niveles argumentativos. Es decir, que los estudiantes manifestaron procesos argumentativos relevantes cuando su nivel de apropiación del modelo fue más riguroso. Esto lo corroboramos con los cambios dados en cada una de las categorías objeto de análisis, de la siguiente manera:

1. En relación con los modelos conceptuales de los estudiantes, al comenzar la investigación, se ubicaba en los modelos atracción mecánica (M1) y electroquímica (M2), con mayor representación en el primero; al final del proceso se reconoce una reorganización entre los modelos, al encontrarse la mayor parte de los alumnos entre los modelos de atracción mecánica (M1) y electroquímica (M2).
2. En cuanto a los niveles argumentativos, al inicio los estudiantes se ubicaban entre los niveles argumentativos 0, 1 y 2, encontrando la mayor cantidad de representantes en el último; al finalizar se ubican con mayor proporción dentro del rango de los niveles argumentativos 1, 2 y 3, obteniendo un alto número de estudiantes entre los dos últimos.

Por otro lado, los cambios identificados fueron graduales. Los estudiantes avanzaron a niveles argumentativos y modelos conceptuales de una manera progresiva, con ello podemos afirmar que promover escenarios argumentativos en el aula facilita la comprensión y comunicación de los contenidos.

## Referencias

- Berland, L. & McNeill, K. (2010). *A learning progression form scientific argumentation: understanding student work and designing supportive instructional contexts*. Recuperado de Wiley Online Library: [www.wileyonlinelibrary.com](http://www.wileyonlinelibrary.com)
- Bravo, B., Puig, B. y Jiménez-Aleixandre, M. d. (2009). *Competencias en el uso de pruebas en argumentación*. Recuperado de ResearchGate: [www.researchgate.net/publication/273138625](http://www.researchgate.net/publication/273138625)
- Campaner, G. y De Longhi, A. (s.f.). Enseñar a argumentar. Un aporte a la didáctica de las ciencias. En *Tercer Encuentro de Investigadores en Didáctica de la Biología*. Buenos Aires.
- Campaner, G. y De Longhi, A. L. (2007). La argumentación en Educación Ambiental. Una estrategia didáctica para la escuela media. *Revista electrónica de enseñanza de las Ciencias*, 442-456.
- Custodio, E., Márquez, C. y Sanmartí, N. (2015). Aprender a justificar científicamente a partir del estudio del origen de los seres vivos. *Investigaciones didácticas*, 133-155.
- De Posada, J. (1999). Concepciones de los alumnos concepciones de los alumnos antes, durante y después de la enseñanza formal. problemas de aprendizaje. *Investigación didáctica*, 227-245.
- Fowler, T. D. (2006). *A Threshold Model of Content Knowledge Transfer for Socioscientific Argumentation*. Sci. Ed., (90), 986-1004. doi: 10.1002/sce.20165
- Henao, B. L. y Stipcich, M. S. (2008). Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 47-62.
- Jiménez-Aleixandre, M. y Díaz, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Investigación didáctica*, 359-370.
- Ministerio de Educación Nacional [MEN]. (1996). *Resolución 2343 de junio 5 de 1996. Por la cual se adopta un diseño de lineamientos generales de los procesos curriculares del servicio público educativo y se establecen los indicadores de logros curriculares para la educación formal*. Bogotá: MEN.
- MEN. (2006). *Estándares básicos de competencias*. Bogotá: autor.
- MEN. (s.f.). *Derechos básicos de aprendizaje*. Bogotá: autor.
- Moreira, M., Greca, I. y Palmero, M. (2002). *Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias*. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(3), 37-57.
- Nielsen, J. A. (2011). Dialectical features of students' argumentation: a critical review of argumentation studies in science education. *Res Sci Educ*, 371-393.
- Peterson, R. & Treagust, D. (1989). Misconceptions of covalent bond and structure. *Journal of Chemical Education*, 459-460.
- Peterson, R., Treagust, D. & Garnett, P. (1989). Development and application of a diagnostic instrument to evaluate grade-11 and -12 students' concepts of covalent bonding and structure following a course of instruction. *Journal of research in science teaching*, 301-314.

Revel Chion, A., Couló, A., Erduran, S., Furman, M., Iglesia, P. y Adúriz-Bravo, A. (2005). Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar. *Enseñanza de las ciencias*, 1-5.

Rincón, L. (2005). *Enlace Químico*. Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes.

Ruiz, F. (2012). *Caracterización y evolución de los modelos de enseñanza de la argumentación en clases de ciencias en la educación primaria*. (Tesis doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España.

Ruiz, F., Tamayo, O. y Márquez, C. (2012). Los episodios argumentativos y las preguntas, como indicadores de procesos argumentativos en ciencias. *EDUCyT*, 229-244.

Ruiz, F., Tamayo, O. y Márquez, C. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educacao e Pesquisa*, 629-645.

Sarda, A. (2005). Enseñando a argumentar en torno a la educación ambiental. *Educar*, 17-26.

Sarda, A. y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Investigación didáctica*, 405-422.

Simon, S., Erduran, S. & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of science education*, 235-260.