

Cuestiones sociocientíficas y densidad semántica: estrategias para comprender y valorar la calidad de la argumentación

Francisco Javier Ruiz-Ortega¹  

Resumen

Aportar al mejoramiento de las prácticas argumentativas de los futuros docentes de ciencias, exige estrategias concretas que potencien su desarrollo y visibilicen su pensamiento sobre esta práctica epistémica. Los objetivos de esta investigación fueron valorar la calidad de los argumentos utilizados por docentes en formación y aplicar la densidad semántica, como método de análisis de la comprensión, por parte de los docentes en formación, de lo que se asume es argumentar en clase de ciencias. El contexto de la investigación se ubica en un programa de formación de docentes en una universidad pública colombiana. Las respuestas obtenidas de la aplicación de un cuestionario y de tres cuestiones sociocientíficas, se analizaron utilizando la teoría sociolingüística de Karl Maton, específicamente aplicando el código denominado densidad semántica. Los resultados muestran dos cambios importantes: primero, que los argumentos poseen una estructura que combina elementos sociales y científicos y, segundo, que la argumentación se asume como una práctica que supera lo epistémico, al aceptarse que también es una práctica constituida por elementos lingüísticos, metacognitivos-cognitivos y disciplinares. Queda el reto en los programas de formación, para seguir incorporando procesos de enseñanza y aprendizaje que posibiliten la discusión de problemas reales como apoyo al desarrollo de buenas prácticas argumentativas.

Palabras clave: argumentación; cuestiones sociocientíficas; densidad semántica; formación de docentes; sociolingüística

Socioscientific Issues and Semantic Density: Strategies for Understanding and Evaluating the Quality of Argumentation

Abstract

Contributing to the improvement of the argumentative practices of future science teachers requires concrete strategies that enhance their development and make their thinking about this epistemic practice more visible. The objectives of this research were to assess the quality of the arguments used

1 Doctor en Didáctica de las Ciencias. Docente titular, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. francisco.ruiz@ucaldas.edu.co



Artículo de investigación

Para citar este artículo

Ruiz-Ortega, F. J. (2026). Cuestiones sociocientíficas y densidad semántica: estrategias para comprender y valorar la calidad de la argumentación, *Folios*, (64), 209-224. <https://doi.org/10.17227/folios.64-23411>

Artículo recibido

20-06-2025

Artículo aprobado

06-01-2026

Artículo publicado

01-07-2026



by teachers in training and to apply the semantic density as a method of analysis of the understanding, by teachers in training, of what is assumed to be arguing in science class. The context of the research is in a teacher training program in a Colombian public university. The answers obtained, after the application of a questionnaire and three socio-scientific questions, were analyzed using Karl Maton's sociolinguistic theory, specifically the code called semantic density. The results show two important changes: first, that arguments have a structure that combines social and scientific elements and, second, that argumentation is assumed as a practice that goes beyond the epistemic, as it is accepted that it is also a practice made up of linguistic, metacognitive-cognitive, and disciplinary elements. The challenge remains for training programs to continue incorporating teaching and learning processes that enable the discussion of real problems as a support for the development of good argumentative practices.

Keywords: argumentation; socioscientific issues; semantic density; teacher education; sociolinguistics

Questões sociocientíficas e densidade semântica: estratégias para compreender e avaliar a qualidade da argumentação

Resumo

Contribuir para o aprimoramento das práticas argumentativas dos futuros professores de ciências requer estratégias específicas que potencializem seu desenvolvimento e tornem mais visível seu pensamento sobre essa prática epistêmica. Os objetivos desta pesquisa foram: avaliar a qualidade dos argumentos usados pelos professores em treinamento e aplicar a densidade semântica como um método para analisar a compreensão dos professores em treinamento sobre o que se supõe ser argumentação nas aulas de ciências. O contexto da pesquisa está localizado em um programa de treinamento de professores em uma universidade pública colombiana. O contexto da pesquisa está localizado em um programa de formação de professores em uma universidade pública colombiana. As respostas obtidas com a aplicação de um questionário e três perguntas sociocientíficas foram analisadas com a teoria sociolinguística de Karl Maton, especificamente com a aplicação do código denominado densidade semântica. Os resultados mostram duas mudanças importantes: primeiro, que os argumentos possuem uma estrutura que combina elementos sociais e científicos e, segundo, que a argumentação é assumida como uma prática que vai além do epistêmico, pois se aceita que ela também é uma prática composta por elementos linguísticos, metacognitivo-cognitivos e disciplinares. O desafio continua sendo que os programas de formação continuem a incorporar processos de ensino e aprendizagem que permitam a discussão de problemas reais como suporte para o desenvolvimento de boas práticas argumentativas.

Palavras-chave: argumentação; questões sociocientíficas; densidade semântica; formação de professores; sociolinguística

Marco teórico

La ciencia es, metodológicamente, crítica (Solbes, 2019, p. 96), característica que puede ser aprovechada para desarrollar procesos de pensamiento de orden superior en nuestros futuros maestros, entre ellos, la argumentación como proceso y práctica epistémica necesaria para el desarrollo de aprendizajes profundos.

Varias razones justifican los esfuerzos hacia el desarrollo de mejores procesos, entre ellos, los argumentativos, en los docentes en formación. Primero, porque, a pesar de existir una valoración unánime de la relevancia que tiene aprender a argumentar y argumentar para aprender en diferentes campos disciplinares, hay una vaga comprensión, en ellos, de lo que es argumentar en ciencias, hecho que hace más lenta y difícil la comprensión amplia de la ciencia (Crujeiras y Jiménez, 2018; Cheng et al., 2021; Kaya et al., 2019), la coconstrucción de conocimiento científico escolar y el desarrollo de habilidades para comunicar sus comprensiones y construcciones (Çalık y Wiyarsi, 2021; Atasoy et al., 2022). En segundo lugar, por la necesidad de fortalecer la idea de que la argumentación es una práctica epistémica, es decir, una práctica dialógica y dialéctica vinculada con la coconstrucción de la ciencia y la ciencia escolar (Ruiz, 2022; Demirdögen, 2016), la comprensión de la naturaleza de la ciencia (NOS) (Gómez et al., 2019; Egloff y Souvignier, 2020), el desarrollo de habilidades de escritura y comunicación en los estudiantes y la transformación de la enseñanza de las ciencias (Allchin y Zemplén, 2020). Tercero, porque se requiere enfatizar que la argumentación es también una práctica discursiva y situada, fundamentada en conocimientos afines no

solo con lo científico; esto, sin duda, invita a reconocer la importancia de los discursos académicos propios de las ciencias de referencia y los discursos utilizados por docentes y estudiantes en el aula de clase. En otras palabras, invita a dar importancia a los sentidos y significados de los términos utilizados en el aula cuando se enseña ciencias y cuando se enseña a argumentar como mecanismo de apropiación, comprensión y solución de problemas reales cercanos a los estudiantes.

Pensar, en consecuencia, en una práctica de aula pertinente y transformadora para el desarrollo de la argumentación en ciencias requiere aportar elementos de orden teórico y metodológico. Así, se capacitará a los docentes en formación para identificar y evaluar los aspectos estructurales y funcionales que integran los argumentos y para dar mayor sentido y significado a la argumentación como aprendizaje y como proceso impregnado de elementos de orden cognitivo, metacognitivo, lingüístico y disciplinar. Este conocimiento les ayudará a diseñar escenarios de enseñanza y aprendizaje proyectados a promover la argumentación en la clase de ciencias, utilizando de manera comprensiva el qué es, el para qué y el cómo desarrollarla en el aula.

En este sentido, llevar al aula de clase situaciones que evidencien la dinámica interna de la construcción de conocimiento científico (o la denominada *naturaleza de la ciencia*) y la innegable incidencia de campos sociales, éticos, políticos y ambientales en la construcción, el avance y la aplicación del conocimiento científico (Jiménez-Aleixandre, 2010; Khishfe, 2022) es uno de esos aportes teórico-metodológicos que se proponen como mecanismo para facilitar el desarrollo de procesos argumentativos de calidad.

Al respecto, varias propuestas investigativas resaltan la relevancia de diseñar entornos de aprendizaje que logren conectar la ciencia escolar con las experiencias cotidianas de los futuros maestros y, por ende, que se logre relacionar los contenidos y los métodos de construcción de la ciencia con marcos sociales más amplios que los meramente científicos (Christenson y Walan, 2022; Domenèch y Márquez, 2014; Domenèch, 2022; Sadler, 2004; Zeidler et al., 2005).

Uno de esos escenarios, ampliamente valorado en la investigación didáctica, tiene que ver con las cuestiones sociocientíficas (CSC). Algunas de las razones de su uso en los procesos de enseñanza y aprendizaje se relacionan con: a) potenciar la motivación y el compromiso del estudiantado en la comprensión de la naturaleza de las ciencias y la tecnología (NdC y T) (Romero et al., 2017); b) dar significado a los contenidos disciplinares que se enseñan en el aula, y c) llevar a los escenarios educativos temas auténticos o problemas socialmente relevantes desde los cuales se puede potenciar una educación para la ciudadanía que, en términos de Hodson (2013), daría sentido a una ciencia para la acción democrática, es decir, una ciencia que incorpora lo sociopolítico y la participación responsable e intencionada. Para Hodson, “El comportamiento social y ambientalmente responsable no deviene necesariamente del conocimiento de conceptos claves y la posesión de ‘actitudes correctas’; es necesario pasar de la ‘preocupación por’ a una situación que nos ubique en el ‘cuidar de’” (2013, p. 8).

Otros aspectos que se pueden resaltar de las CSC en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias y en los procesos formativos de docentes hacen referencia, primero, a reconocer la utilidad de las CSC para el desarrollo de aprendizajes en profundidad, la educación ciudadana y el desarrollo de actitudes positivas hacia el aprendizaje de las ciencias (Sadler, 2004; Solbes, 2019; Fadha et al., 2023; Bernal-Herrera et al., 2023; Jiménez y Otero, 2019; Pelayo y Martínez, 2016). Segundo, a valorar la incorporación de las CSC a las estructuras curriculares de los programas de formación de docentes: esta acción, además de apoyar comprensiones más profundas sobre la relación ciencia-sociedad, contribuye a enriquecer sus prácticas con procesos de indagación, investigación y comunicación (Torres, 2014; Torres-Merchán et al., 2023).

Sin embargo, la literatura en este campo también resalta los retos y dificultades que se enfrentan en programas curriculares de formación de docentes, e invita al desarrollo de procesos formativos interdisciplinarios que permitan reconocer que la ciencia y su aplicación son asuntos que trascienden el campo científico (Martínez, 2014, p. 90).

En este trabajo se incorpora de manera operativa la denominada teoría de la legitimación de códigos (LCT, por sus siglas en inglés; Maton, 2011). Esta propuesta se sustenta en la teoría de los códigos sociológicos de Bernstein (1999), para quien existe una estrecha relación y distinción entre los discursos horizontales y verticales: los primeros, vinculados a los lenguajes propios de la cotidianidad del sujeto; los segundos, a los lenguajes técnicos y disciplinares. En esta investigación se toma uno de los cinco códigos propuestos por Maton (2011), el denominado *código semántico*, referido a los sentidos y significados de los términos y conceptos utilizados por docentes y estudiantes en el aula de clase. De manera específica, se aborda la densidad semántica (DS). Para Maton (2016), la DS indica el grado de condensación de significados dentro de una práctica sociocultural; en este caso, argumentar en la clase de ciencias. Para el autor, la DS es más fuerte (DS+) si hay más significados que se condensan dentro de la práctica sociocultural y es más débil (DS-) si, en dicha práctica, hay menos significados. Una manera de ilustrar la DS fuerte o débil es mediante la constelación semántica (Maton y Doran, 2021), que ubica el lugar y las posibles relaciones de los términos utilizados en las prácticas socioculturales. Maton y Doran (2017, pp. 61-62) ilustran este concepto y la constelación de relaciones entre significados comparando los conceptos *sacárido* y *lipopolisacárido*. Para ellos, el primer término tiene una DS menor que el segundo. Según su explicación, el término *lipopolisacárido* exige, para su comprensión, desagregarlo en: *lipo-*, que significa lípido (con ello se podría entender que existen otros tipos de polisacáridos); *poli-*, que significa muchos, y *sacárido*, que hace referencia a azúcares (carbohidratos). En otras palabras, cada parte implica realizar conexiones o relaciones con otros significados.

Con todo lo anterior, los objetivos de esta investigación son:

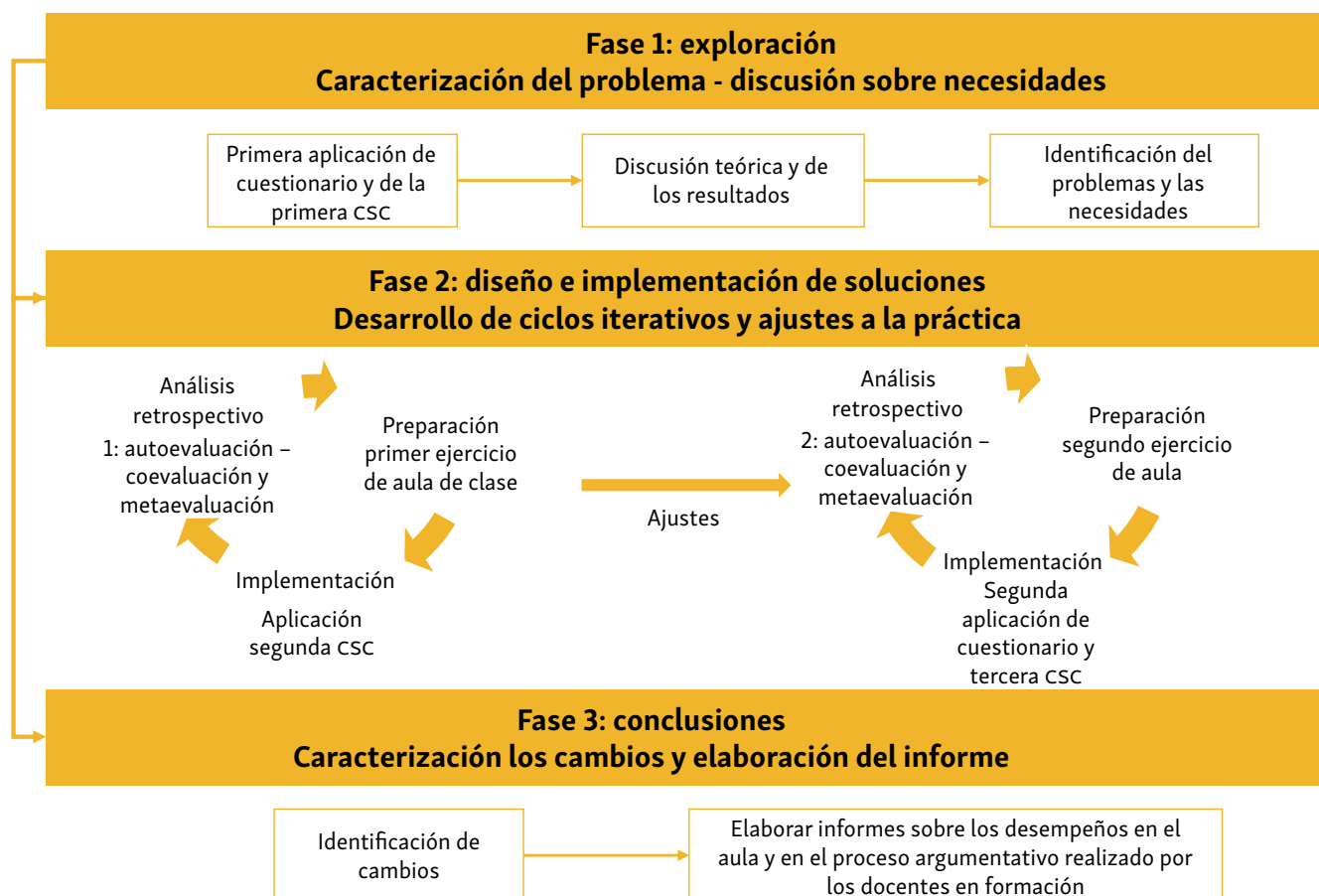
- Valorar la calidad de los argumentos utilizados por docentes en formación al discutir CSC, y
- Aplicar la densidad semántica como método de análisis de la comprensión, por parte de los docentes en formación, de lo que se asume es argumentar en la clase de ciencias.

Metodología

El desarrollo de este estudio se enmarcó en la investigación basada en el diseño (IBD; Figura 1). Tres razones sustentan esta decisión. La IBD es una propuesta emergente en el campo educativo y de la formación de docentes, que posibilita comprender y explicar por qué y cómo una intervención en los procesos formativos es pertinente, eficiente y eficaz (Gibelli, 2014). En nuestro caso, la intervención tiene que ver con la combinación de varias actividades desarrolladas en tres fases:

- En la primera fase, de exploración, proyectada a identificar qué sabemos sobre la argumentación, se aplicaron un cuestionario y la primera CSC, con el fin de generar discusiones e identificar necesidades teóricas y metodológicas sobre la argumentación y las CSC para el trabajo en el aula.
- En la segunda fase, denominada diseño e implementación de soluciones, se buscó reconocer el rol activo de los futuros docentes para generar estrategias relevantes, proyectadas a intervenir sus propias prácticas y enriquecer sus conocimientos sobre lo que se asume es argumentar en la clase de ciencias (Balladares-Burgos, 2018; Plomp, 2013). Aquí se desarrollaron dos ciclos de realimentación (Wang y Hannafin, 2005). En ambos ciclos se aplicó una CSC y, en el segundo ciclo, se aplicó por segunda vez el cuestionario proyectado a identificar elementos de orden conceptual sobre la argumentación en ciencias.
- En la tercera y última fase, caracterización de los cambios y elaboración del informe, se discutieron los resultados con los docentes en formación, generados desde el inicio de la actividad académica (Figura 1).

Figura 1.
Fases del diseño investigativo



Fuente: elaboración propia.

El contexto de la investigación es una universidad pública colombiana, específicamente un programa de formación de docentes en ciencias naturales. Fueron 25 estudiantes matriculados en la actividad académica denominada Didáctica Especial de la Biología, programada en la recta final de la formación, es decir, después del sexto semestre, en un programa propuesto para diez semestres académicos.

Los datos se obtuvieron, en primer lugar, de las respuestas escritas de los docentes en formación a dos de las preguntas propuestas en el cuestionario inicial y final: ¿qué dirían sobre la argumentación si fuesen invitados a hablar de ella? y ¿cuál es el sentido de llevarla al aula de ciencias? En segundo lugar, de los argumentos escritos elaborados por los docentes en formación luego de analizar y discutir grupalmente tres CSC. La primera CSC hizo referencia a la discusión sobre la posibilidad de erradicar la experimentación animal; la segunda tuvo como contexto de discusión las dietas equilibradas y su relación con el cambio climático y la tercera planteó el debate sobre los restaurantes escolares en Colombia y la posibilidad de que sean las madres-padres cabeza de hogar quienes asuman la preparación y distribución de los alimentos. En las tres propuestas se pidió a los docentes en formación tomar posición frente a las alternativas planteadas, escribir argumentos y discutirlos en grupos para contrastarlos y llegar a consensos o al convencimiento frente a la perspectiva contraria.

Toda la información se sistematizó con apoyo del *software* Atlas.ti (versión 8.4.5). Los datos fueron analizados teniendo en cuenta las intencionalidades de este estudio. Para el primer objetivo, inicialmente se identificaron

los elementos estructurales de los argumentos (datos, razonamientos y condiciones de refutación), para luego aplicar la rúbrica expuesta en la **Tabla 1**. Se trata de una rúbrica validada mediante juicio de expertos y prueba piloto, que focalizó su atención en tres componentes estructurales de los argumentos: datos, razonamientos y condiciones de refutación. Esto se realizó porque se intenta, como lo proponen **Driver et al. (2000)**, reducir que las y los estudiantes se centren más en la forma del argumento que en sus contenidos disciplinares. Aquí, las condiciones de refutación se aceptan como aspectos relevantes que revelan el carácter dialógico y dialéctico de la ciencia (**Toulmin, 1958; Cutrera et al., 2022; Kuhn, 2010**).

Tabla 1.
Rúbrica para valorar la calidad de la argumentación

Nivel	Elemento valorado	Valoración	Característica
1	Dato	Alta	Cuando el dato (prueba) es de naturaleza científica ²
		Media	Cuando se usan datos o pruebas de naturaleza científica y sensorial (desde sus vivencias)
		Baja	Cuando se usan datos o pruebas de naturaleza sensorial (desde sus vivencias)
2	Razonamiento	Alta	Cuando el razonamiento está claramente apoyado en elementos de orden teórico
		Media	Cuando no es claro el apoyo teórico para el razonamiento
		Baja	Cuando el razonamiento sólo es una expresión que da cuenta de su experiencia cotidiana
3	Condiciones de refutación	Alta	Cuando además de identificar la perspectiva contraria, se exponen datos y justificaciones para debilitarla
		Media	Cuando además de identificar la perspectiva contraria, se exponen datos o justificaciones para debilitarla
		Baja	Cuando solo se logra identificar la perspectiva contraria, sin exponer otros elementos permitan debitarla

Fuente: elaboración propia.

En relación con el segundo objetivo, se logró estructurar y aplicar un dispositivo de traducción —validado por juicio de expertos y prueba piloto— que permitió identificar, además de los términos utilizados para conceptualizar la argumentación (contenidos disciplinares, lingüísticos, cognitivos y metacognitivos), la relación entre estos (**Tabla 2**), con el fin de permitir la construcción de las constelaciones semánticas. Es importante precisar que estos términos se constituyen, precisamente, en indicadores, en primer lugar, de la complejidad de la densidad semántica identificada en las respuestas de los docentes en formación y, en segundo lugar, del acercamiento a una perspectiva conceptual de la argumentación como proceso que responde a elementos de naturaleza cognitiva-metacognitiva, lingüística y disciplinar.

////////////////////

2 Me refiero a datos científicos, no solamente aquellos pertenecientes al campo de las ciencias naturales; también asumo como científico el campo social.

Tabla 2.
Dispositivo de traducción

Nivel	Descripción
Conglomerado (Con)	Manifestación de aspectos de orden metacognitivo (reflexión sobre los procesos); cognitivo (resolución de problemas, contrastación de saberes, aplicación de los contenidos a la cotidianidad, pensamiento crítico); lingüístico (relacionados con la presencia de elementos estructurales de los argumentos: datos, justificaciones, afirmaciones...); y de contenidos (científicos).
Compacto (Com)	Acciones cognitivas (contrastación de los conocimientos y aplicación de los contenidos a la cotidianidad); lingüísticas (relacionadas con la presencia de elementos estructurales de los argumentos: datos, justificaciones, afirmaciones...); y de contenidos (científicos).
Consolidado (Cons)	Acciones cognitivas (justificar, comprender y explicar); posibles elementos lingüísticos (datos, justificaciones, afirmaciones...); y de contenidos (científicos).
Común	Acciones cognitivas (informar); posibles elementos lingüísticos (datos, justificaciones, afirmaciones...); y de contenidos (científicos).

Fuente: elaboración propia, basada en la teoría de Maton (2011).

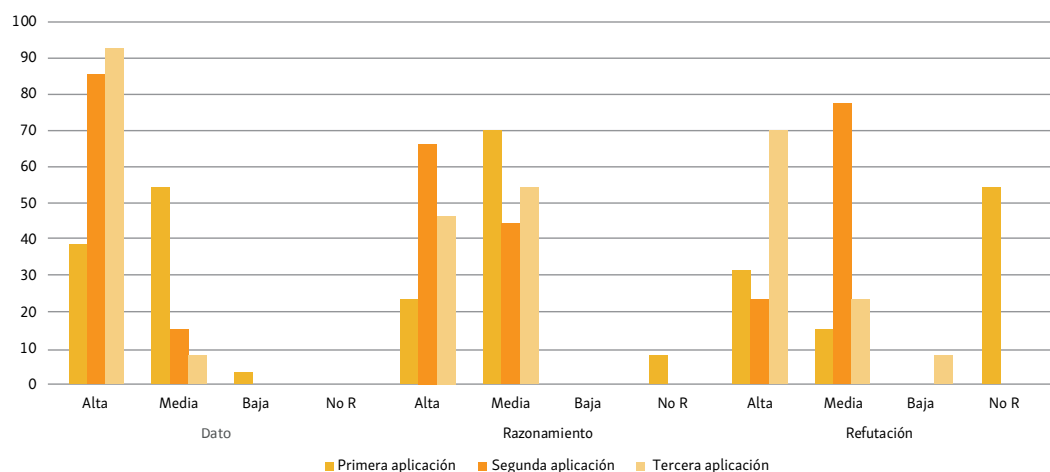
Resultados y discusión

A continuación se expone, para cada objetivo, los análisis realizados a los resultados:

Objetivo uno: valorar la calidad de los argumentos utilizados por docentes en formación al discutir CSC

La **Figura 2** presenta los resultados globales luego de analizar los argumentos construidos por los docentes en formación tras la aplicación de las tres CSC.

Figura 2.
Nivel de la calidad argumentativa identificada luego de la aplicación de las tres CSC



Fuente: elaboración propia.

En la figura anterior se puede evidenciar que la calidad de los elementos argumentativos mejora luego de la aplicación de las tres CSC. Para ejemplificar el progreso de esta calidad, se muestran a continuación algunos fragmentos de las respuestas de los participantes.

Uno de los docentes en formación (**Tabla 3**), en la primera CSC, presenta datos quizá pertinentes (“...Mientras no se posean avances científicos o conocimientos anatómicos...”), pero imprecisos y carentes de sustento

científico. Esto abre la posibilidad de poner en discusión la solidez y confiabilidad de los datos, ya que se cuenta, en la actualidad, con adelantos científicos que podrían usarse para contrastarlos, como las herramientas bioinformáticas estructurales, el uso de *big data* o la aplicación de las tres R: reducir, refinar y reemplazar.

En la segunda CSC, hay un acercamiento mucho más evidente al uso de fuentes confiables (“Según un estudio de la revista *Nature Climate Change...*”, “Según un estudio de la Universidad de Cambridge...”); sin embargo, hay dos situaciones que debilitan su información: primero, no se exponen datos precisos y concretos y, segundo, la expresión “puede(n)” da entrada a la consolidación de la perspectiva contraria, ya que se toma como condicionante que debe cumplirse.

En la tercera CSC, la presentación de los datos muestra cambios importantes: primero, se precisan cifras (los complementos alimentarios que no cumplen condiciones de calidad y porciones estandarizadas [57%]), que tienen una relación directa con la afirmación o decisión que se toma (responsabilizar a las madres cabeza de hogar de la preparación de los alimentos que se distribuyen en los restaurantes escolares y no a los operadores del Plan de Alimentación Escolar); y, por último, hay un elemento que podría evidenciar que, al incorporarse temas de orden sociocientífico en el aula, las discusiones, además de permitir la presentación de pruebas de orden científico, también ofrecen la oportunidad de sumar al debate elementos de otros campos disciplinares, en este caso éticos: “La investigación afirma también que en un 18% se detectaron irregularidades en contratación y pagos...”.

Tabla 3.

Datos presentados por los participantes luego de la aplicación de las CSC

Estructura	Dato(s)
CSC - uno ³ Nivel medio	A favor del uso de los animales en la experimentación. Mientras no se posean avances científicos o conocimientos anatómicos que permitan prescindir del uso de animales..., no conviene trancar el camino de la investigación que permita conocer con propiedad los distintos problemas que la misma trata...
CSC – dos Nivel medio	A favor de la ganadería. Según un estudio de la revista <i>Nature Climate Change</i> , la ganadería en pastizales manejados de manera sostenible puede ayudar a mitigar el cambio climático al almacenar carbono en el suelo. El pastoreo y el mantenimiento de la vegetación pueden aumentar la captura de carbono y disminuir la emisión de gases de efecto invernadero. La ganadería también puede tener beneficios para la biodiversidad. Según un estudio de la Universidad de Cambridge, la cría de animales en pastizales puede ayudar a preservar la diversidad de especies al mantener hábitats naturales y prevenir la expansión de especies invasoras.
CSC – tres Nivel alto	A favor de responsabilizar a las madres cabeza de hogar de la preparación de los alimentos que se distribuyen en los restaurantes escolares y no a los operadores del Plan de Alimentación Escolar. La investigación (según el estudiante, expuesta en <i>El Tiempo</i> , periódico de circulación nacional colombiano) afirma también que en un 18 por ciento se detectaron irregularidades en contratación y pagos; los operadores incumplen las condiciones de los contratos y existen deficiencias en los mecanismos de seguimiento y control. La entrega de insumos insuficientes por parte del operador (63 %), los complementos alimentarios que no cumplen condiciones de calidad y porciones estandarizadas (57 %), los menús que no tienen en cuenta particularidades médicas y socioculturales de los niños (50 %), la inconformidad con las raciones o minutas establecidas en los lineamientos del Ministerio de Educación (42 %), los víveres e insumos que no cumplen con condiciones de calidad (36 %) y los desperdicios de comida (29 %), y, por último, la inadecuada organización de horarios para el consumo de los complementos alimentarios, con un 16 %. La investigación afirma también que en un 18 % se detectaron irregularidades en contratación y pagos...

Fuente: elaboración propia.

El segundo elemento estructural valorado en los argumentos tiene que ver con los razonamientos (Tabla 4). Recordemos que la calidad de este elemento dependerá de la incorporación de elementos teóricos que permitan establecer relaciones entre los datos y la perspectiva o decisión tomada. Así, en la primera CSC, la decisión de rechazar el uso de animales se sustenta en datos como los avances tecnológicos y científicos; sin embargo, el razonamiento

////////////////////

3 Recordemos que fueron tres las CSC: uso de los animales en la experimentación, el cambio climático y la nutrición escolar.

inicial solo hace referencia a que estos avances permiten prescindir de los animales en la experimentación, sin exponer qué es lo que hace que una investigación de *cultivos celulares*, por ejemplo, facilite dicha decisión. Aquí, el razonamiento podría ser mucho más sólido si se lograra identificar el alcance de estas técnicas, vinculadas al control preciso y fino del ambiente, a la homogeneidad de las muestras y, en el caso expuesto en la CSC, a la reducción del uso de animales de experimentación. El segundo razonamiento (*una muestra de crueldad*) quizá evidencie aspectos de orden afectivo-emocional, válidos seguramente, pero no cuenta con un sustento que ayude a consolidarlo.

En el razonamiento expuesto en la segunda aplicación de la CSC se presentan varios elementos para destacar. Primero, la relación mucho más evidente entre los datos (por ejemplo, la ganadería convierte estos terrenos en zonas estériles) y la decisión tomada (a favor de la reducción de la práctica ganadera). Segundo, la presencia de datos mucho más precisos: daños irreversibles, aumento de la emisión de gases de efecto invernadero y eliminación de los sumideros de carbono. Tercero, la presentación de aspectos razonables que combinan lo científico y lo económico, al mencionar la inestabilidad laboral que puede generar la agricultura como aspecto que contrarresta la reducción de la práctica ganadera. Por último, en el argumento el estudiante se adelanta a debilitar un posible razonamiento que sustentaría el apoyo a la ganadería: “...ya que si, ante la problemática del aumento en la población mundial...”. Este último elemento, como se verá más adelante, permite valorar el carácter dialéctico de los procesos argumentativos en el aula, pues, además de exponerse el punto de vista sobre una de las perspectivas implicadas en la discusión de la CSC, también se logran identificar posibles situaciones que la debilitarían y adelantarse a contrarrestarlas.

En el razonamiento que se presenta para la tercera CSC se evidencian varios aspectos. Primero, la relación funcional de los datos (“Las madres cabeza de hogar tienen experiencia y habilidades respecto a la nutrición de los niños y adolescentes...”) con la decisión tomada (apoyar a las madres cabeza de hogar...). Segundo, la incorporación de argumentos de autoridad que le dan mayor credibilidad (Juan David Vélez, subdirector general de la Unidad Administrativa Especial de Alimentación Escolar, afirma...; por ejemplo, de acuerdo con lo dicho por Nidia Menza, coordinadora del PAE...). Tercero, al igual que en los razonamientos anteriores, también se exponen elementos que van más allá de lo científico. En otras palabras, en los estudiantes es común encontrar, al final del proceso, que sus razonamientos se apoyan en elementos éticos (“...esto representaría una posibilidad de reducir ‘la mafia’ que se ha visto vinculada a este programa...”) y económicos (“...al involucrar a las madres cabeza de hogar se estaría promoviendo la generación de empleo y dignificando la situación económica de muchas familias en Colombia...”), lo cual constituye una evidencia más del alcance que tiene la incorporación de las CSC para pensar una argumentación también sociocientífica.

Tabla 4.
Razonamientos presentados por los participantes luego de la aplicación de las CSC

Estructura	Razonamiento
CSC – uno Nivel bajo	Sí es posible renunciar en la investigación al uso de los animales, pues se ha evidenciado que, con los avances de la tecnología y de la ciencia (investigaciones en donde han usado técnicas <i>in vitro</i> , en las que se estudian interacciones a pequeña escala o a nivel subcelular, o los cultivos celulares), es posible realizar investigaciones en las que no se tenga que investigar propiamente en animales; investigar con animales puede ser una muestra de crueldad cuando se practica.
CSC – dos Nivel dos	Considero que, aunque la ganadería signifique una práctica importante para la salud nutricional de las personas, es una práctica que ha generado muchos daños a nivel ambiental, por lo que estoy a favor de la dieta equilibrada, ya que así, al disminuir el consumo de carne de res, las consecuencias de su práctica se reducirían, disminuyendo, a su vez, el efecto de los gases de efecto invernadero. Mi decisión está basada en lo perjudicial que es la práctica ganadera en los terrenos en donde se ha desbrozado el bosque, pues la ganadería convierte estos terrenos en zonas estériles en donde, si antes existía biodiversidad, ya no cabría la posibilidad de reforestar; es un daño irreversible. Además, estas zonas deforestadas ocasionan que los efectos de los gases de efecto invernadero producidos por la práctica ganadera aumenten, pues, al talar los bosques, se están eliminando “sumideros de carbono”. La agricultura intensiva, asociada a la práctica ganadera, puede agotar los suelos, requerir grandes cantidades de agua y contribuir a la deforestación si no se maneja de manera sostenible. Independientemente de la dieta, la logística de transporte y distribución de alimentos tiene un impacto ambiental... Posiblemente, uno de los argumentos que podría debilitar mi decisión de apoyar la dieta equilibrada sería el hecho de que la práctica ganadera tenga relevancia por su importante valor nutricional y la demanda de esta por el crecimiento poblacional.

Estructura	Razonamiento
CSC – tres Nivel tres	Las madres cabeza de hogar tienen experiencia y habilidades respecto a la nutrición de los niños y adolescentes; por lo tanto, si reciben una adecuada capacitación en cuanto a los estándares y guías de nutrición y la debida manipulación de los alimentos, estarían en condiciones aptas para la preparación y distribución de estos en los centros escolares. Además, teniendo en cuenta la lógica de que “nadie se preocupa más por la alimentación de sus hijos que los mismos padres”, Juan David Vélez, subdirector general de la Unidad Administrativa Especial de Alimentación Escolar, afirma, en una entrevista, que la participación de los padres de familia en el PAE garantizaría una mejor calidad en los alimentos. Adicionalmente, al involucrar a las madres cabeza de hogar se estaría promoviendo la generación de empleo y dignificando la situación económica de muchas familias en Colombia. La idea de involucrar a las personas de la comunidad en el PAE no es una propuesta nueva, puesto que, en muchos lugares de Colombia donde las vías de acceso generan dificultades a la hora de transportar los productos, ya se ha involucrado a la comunidad en la entrega y preparación de los alimentos, observándose resultados satisfactorios. Por ejemplo, de acuerdo con lo dicho por Nidia Menza, coordinadora del PAE en el resguardo indígena de Canoas, los alimentos son preparados por madres cabeza de hogar y son comprados en las casas donde hay huertas, lo cual permitió el establecimiento de ollas comunitarias, pasando de entregar raciones complementarias (refrigerios) a almuerzos. El PAE en dicho resguardo pasó de beneficiar a 1400 estudiantes en 2007 a 1800 en 2022. También es importante mencionar que, en Armenia, el 37 % de las operarias del PAE son madres de los beneficiarios y, a principios del presente año, la alcaldía de Armenia recibió 1500 millones adicionales por parte del Gobierno nacional por buen manejo del PAE. Las madres cabeza de hogar o los miembros de la comunidad en general podrían ser una alternativa para el mejoramiento de la calidad nutricional de los niños y adolescentes, siempre y cuando tengan experiencia y una adecuada formación en seguridad alimentaria; además, esto representaría una posibilidad de reducir “la mafia” que se ha visto vinculada a este programa, ya que parte de las irregularidades que se presentan en el PAE se deben a problemas con la contratación de los operadores.

Fuente: elaboración propia.

Ahora, sobre las condiciones de refutación, el último componente argumentativo analizado, se puede afirmar que, a pesar de constituirse en uno de los retos más significativos en este proceso, es quizá la ganancia más representativa alcanzada con los futuros docentes. Como puede observarse en la **Tabla 5**, en la primera aplicación de la CSC no se presentaron condiciones de refutación. En la segunda CSC, las condiciones de refutación utilizan un posible razonamiento de la perspectiva contraria (“Los defensores de la ganadería y del consumo de carne roja posiblemente se van a sustentar...”) como apoyo a su condición de refutación (“...enfrentar esa demanda presionará el avance en la frontera agrícola-ganadera...”), ratificando de esta manera su posición: “Se deben tomar medidas decididas..., por ejemplo, optando por una dieta equilibrada”. Obsérvese que la condición de refutación apunta directamente a debilitar el dato que se esperaba encontrar como soporte de la defensa de la ganadería. Pese a este avance, un aspecto que podría consolidar esta condición de refutación sería apoyarse en informes o datos concretos provenientes de investigaciones y estudios sobre el tema, situación que sí se logra en la tercera CSC.

En esta última, al igual que en la segunda CSC, los participantes se adelantan a identificar posibles razonamientos de apoyo a la perspectiva contraria (“La posición contraria podría apoyarse en el argumento de que...”) y los utilizan para intentar debilitarlos mediante datos concretos: “Sin embargo, a finales de mayo, Aurora Vergara, ministra de Educación, firmó un decreto (0846 de 2023)...”. Otro aspecto que resulta relevante es la incorporación de condiciones de refutación que indican, una vez más, las implicaciones que tiene para docentes y estudiantes la incorporación de las CSC al aula de clase. Innegablemente, la discusión y/o posible solución a debates de orden sociocientífico debe sustentarse en la interacción interdisciplinar: “...el manejo de los contratos de los operadores..., con cantidades o raciones no suficientes, en mal estado; llevando incluso a la no prestación del servicio”.

Tabla 5.
Condiciones de refutación presentadas por los participantes luego de la aplicación de las CSC

Estructura	Condiciones de refutación
CSC - uno	No se presentaron
CSC – dos Nivel dos	Los defensores de la ganadería y del consumo de carne roja posiblemente se van a sustentar en las proyecciones actuales que indican que el consumo de carne, a nivel mundial, se duplicará en los próximos veinte años debido al aumento de la población; sin embargo, no están teniendo en cuenta que enfrentar esa demanda presionará el avance en la frontera agrícola-ganadera hacia zonas de mayor vulnerabilidad ambiental...
CSC – tres Nivel tres	La posición contraria podría apoyarse en el argumento de que la Secretaría de Educación está obligada a seguir las políticas y regulaciones establecidas por el Ministerio de Educación Nacional, las cuales establecen que la preparación de alimentos en los restaurantes escolares debe ser realizada por el operador del PAE, como lo indica el Decreto 1852 de 2015 del MEN. Sin embargo, a finales de mayo, Aurora Vergara, ministra de Educación, firmó un decreto (0846 de 2023) con el que se autorizó que las asociaciones de padres de familia (APF) o las juntas de acción comunal (JAC) operen el Programa de Alimentación Escolar (PAE) en su área de influencia. Es decir, que las juntas también podrán subcontratar a los padres de familia de la zona para que sean ellos quienes presten el servicio. Se han dado a conocer en reiteradas ocasiones, por los medios de comunicación (noticieros, radio, revistas, entre otros), denuncias... La mayoría de estas denuncias se relacionan con raciones reducidas de alimentos o con el uso de alimentos en mal estado y/o contaminados. Lo anterior, según el Observatorio de Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional, perteneciente a la Universidad Nacional de Colombia (OBSSAN), concluye que el problema del PAE se debe al modelo de financiamiento y contratación... (Infobae, 2022).

Fuente: elaboración propia.

Segundo objetivo: aplicar la densidad semántica como método de análisis de la comprensión, por parte de los docentes en formación, de lo que se asume es argumentar en la clase de ciencias

En relación con el análisis sobre la conceptualización de la argumentación en la clase de ciencias, es importante señalar que se seleccionaron dos aspectos como foco de atención. El primero, expuesto en la **Figura 3** en el que se evidencia el tránsito por los niveles identificados a partir de las respuestas elaboradas por los docentes en formación al conceptualizar la argumentación en ciencias. En este sentido, las respuestas elaboradas por los docentes en formación fueron analizadas utilizando la rúbrica expuesta en la **Tabla 2**. Como puede observarse, 12 de los 25 estudiantes transitaron de niveles inferiores a superiores; cinco estudiantes lo hicieron en una vía contraria y ocho mantuvieron un comportamiento similar antes y después del proceso formativo.

Figura 3.
Ubicación de las respuestas de los docentes en formación en los niveles de DS, antes (casillas de color más oscuro) y después de la aplicación de las tres CSC

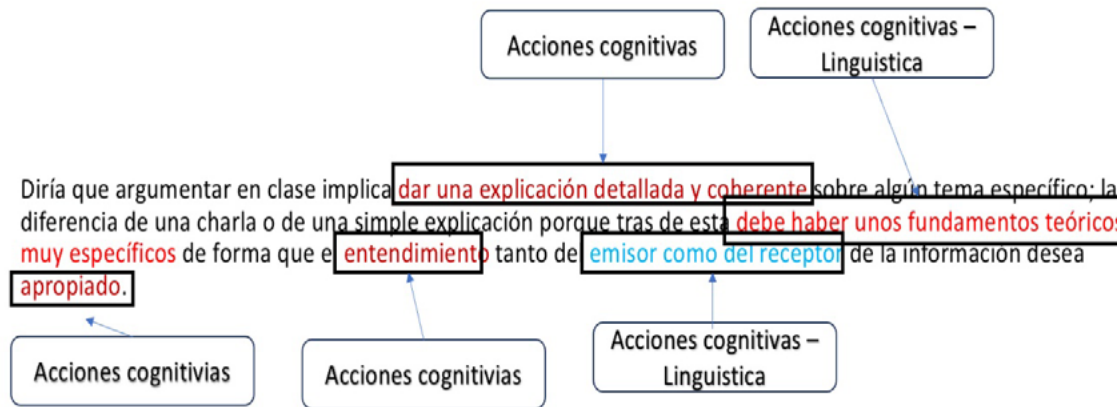


Fuente: elaboración propia.

Recordemos que, en esta investigación, el reto fue incorporar la densidad semántica como propuesta metodológica que permitiera identificar, además de los términos utilizados para conceptualizar la argumentación, la relación entre estos y, de esta manera, determinar las constelaciones de códigos como evidencia de la densidad semántica (DS). En este sentido, se presentan a continuación dos de las respuestas elaboradas por los docentes en formación y sus respectivas constelaciones, construidas a partir de la aplicación del dispositivo de traducción (Tabla 2).

Figura 4.

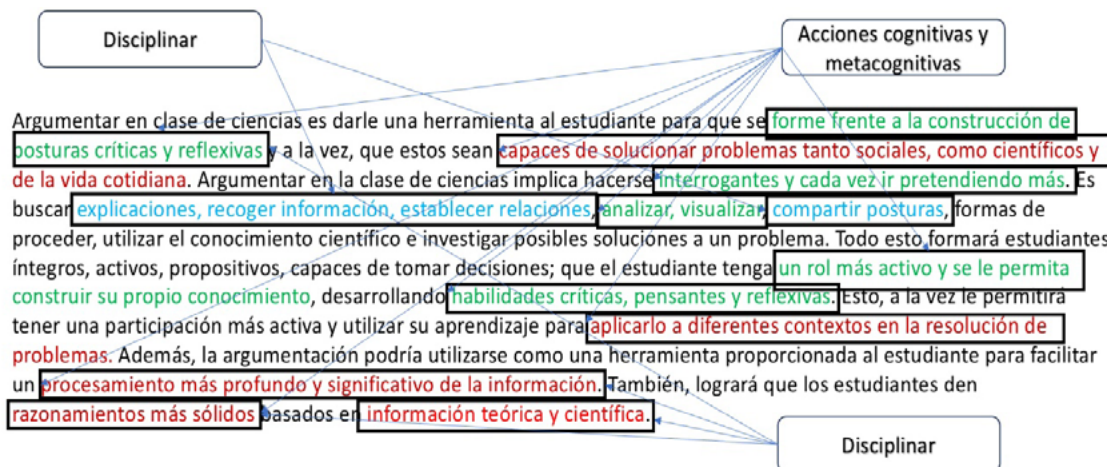
Identificación de los aspectos constituyentes de la concepción sobre argumentación en clase de ciencias antes de la aplicación de las CSC



Fuente: elaboración propia.

Figura 5.

Identificación de los aspectos constituyentes de la concepción sobre argumentación en clase de ciencias después de la aplicación de las CSC



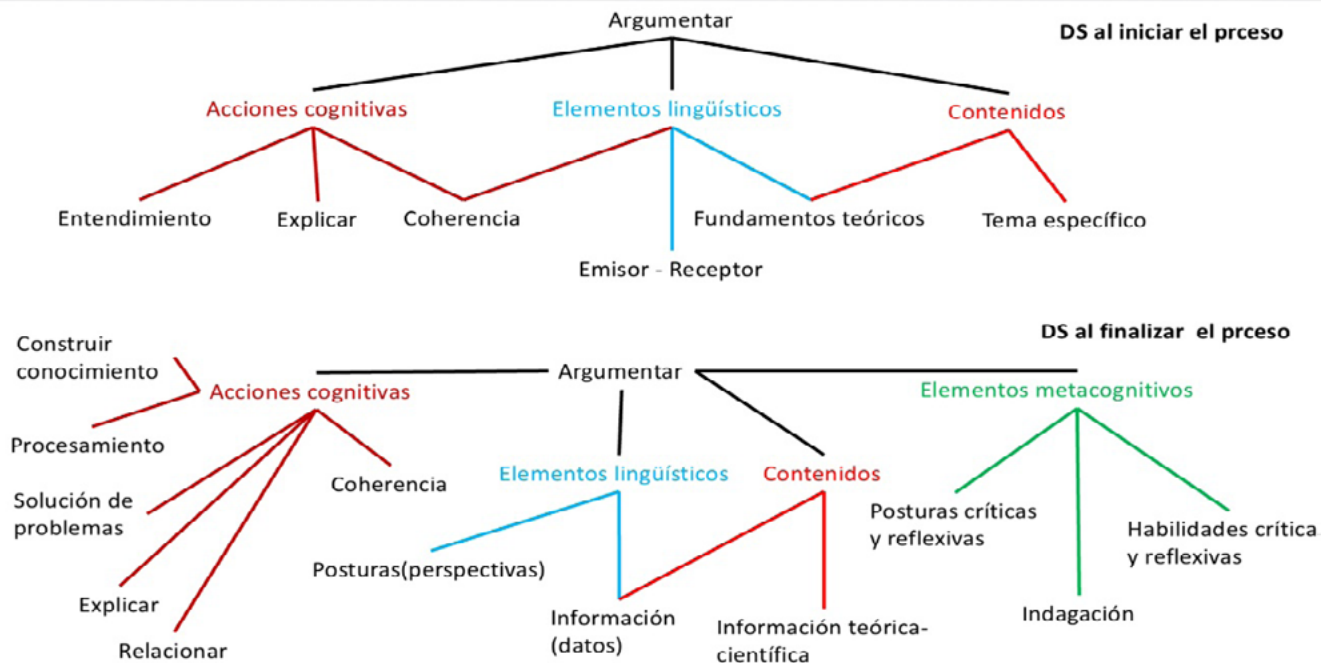
Fuente: elaboración propia.

En las respuestas anteriores, además de poder evidenciarse una riqueza conceptual en términos de asumir la argumentación como aprendizaje ("Herramienta para que construya posturas reflexivas, críticas, necesarias para asumir un rol más activo..."), también es posible identificar el uso de términos propios de niveles de densidad semántica más complejos: desarrollo de habilidades críticas y reflexivas, procesamiento profundo de la información, solución de problemas, aplicación a diferentes contextos, entre otros. En este sentido, se ilustra en la Figura 6 cómo, al incorporar de manera consciente e intencionada el uso de las CSC, se posibilita el enriquecimiento de las concepciones sobre la argumentación en la clase de ciencias. En otras palabras, la concepción de lo que se

asume es argumentar en la clase de ciencias se sustenta en aspectos de orden cognitivo-metacognitivo, lingüístico y disciplinar.

Figura 6.

Comparación de las constelaciones de términos antes y después del proceso formativo



Fuente: elaboración propia.

En definitiva, los resultados obtenidos en el proceso formativo evidencian que la incorporación de las CSC permite una mirada mucho más sólida de la argumentación, lo cual se refleja en el incremento de la densidad semántica. En ella, la conceptualización de la argumentación se apoya en aspectos de diferente naturaleza: epistémica, al reconocer la necesidad del conocimiento disciplinar propio del área de las ciencias naturales para dar cabida a lo social; lingüística, al asumir que este proceso de interacción comunicativa involucra elementos de orden lingüístico que permiten identificar una estructura argumentativa y definir la calidad de los argumentos; y cognitiva y metacognitiva, en la medida en que el estudiante se concientiza de su papel como coconstructor de conocimiento.

De igual manera, incorporar las CSC al aula de clase aporta al desarrollo de procesos argumentativos más complejos, pero al mismo tiempo más completos. Una de las evidencias que sustentan esta afirmación se identifica cuando los docentes realizan ejercicios dialécticos a partir de la expresión de refutaciones, con las cuales se posibilita la contrastación de posturas críticas y una comprensión más profunda y amplia de los fenómenos y contenidos que se comunican en el aula de clase (Inglis et al., 2007). Asimismo, se observan avances en la consolidación de discusiones interdisciplinarias en el aula que reafirman la importancia y el alcance de situarse en una argumentación sociocientífica. Algunos investigadores la han denominado argumentación informal, en tanto se aparta de las estructuras rígidas propias de la lógica formal (Chang y Chiu, 2008; Christenson y Walan, 2022). En lugar de ello, se abre un espacio para la incorporación consciente e intencionada de razonamientos ubicados en diversos campos disciplinares que, en consecuencia, aportan al desarrollo de un pensamiento crítico más concreto y cercano a la realidad de los estudiantes. Lo anterior quizá aleja la enseñanza de las ciencias de

una perspectiva monodisciplinar, importante para comprender conceptos de naturaleza científica, pero que puede resultar insuficiente para la comprensión de problemas auténticos y reales, así como para reducir la fragmentación de la enseñanza de los contenidos disciplinares, aspecto ampliamente cuestionado en la didáctica de las ciencias.

Conclusiones

Varios aspectos se logran definir tras el proceso formativo realizado. Primero, la incorporación de las CSC al aula enriquece la calidad argumentativa de los docentes en formación. En otras palabras, se alcanza una comprensión mucho más profunda de los contenidos disciplinares, articulados con los contextos sociales que enmarcan la cotidianidad de los docentes en formación (Sadler *et al.*, 2017), aspecto que posibilita el uso de datos, razonamientos y condiciones de refutación mucho más sólidos y pertinentes para dinamizar los debates propuestos.

Segundo, la densidad semántica resulta ser una estrategia metodológica útil y relevante para evaluar el posible cambio epistemológico del docente en formación respecto de lo que es argumentar en la clase de ciencias. Su aplicación permitió evaluar y comprender la consolidación de una DS mucho más fuerte. Con ello, se logra una conceptualización de la argumentación en la clase de ciencias que da cuenta, precisamente, del enfoque social y científico de esta competencia cognitivo-lingüística. En otras palabras, se condensan y relacionan más significados dentro de la práctica argumentativa desarrollada en el aula. Esto ocurre porque los docentes en formación incorporaron en sus conceptualizaciones elementos no solo disciplinares, referidos a los contenidos que sustentan los debates, sino también lingüísticos, cognitivos y metacognitivos.

Seguir en esta línea demanda, además, que en los procesos formativos se brinden espacios que favorezcan el desarrollo de procesos de fundamentación interdisciplinar y permitan, junto con una comprensión profunda de la naturaleza de la ciencia, dar sentido a los contenidos disciplinares y a su articulación con los contextos sociales y escolares. Otro elemento que debe asumirse como reto es la concreción de métodos pertinentes para evaluar la argumentación sociocientífica, pasando de la preocupación por valorar únicamente el contenido científico propio de las ciencias naturales a la consideración del alcance de la contextualización social que sustenta las CSC (Tideman y Nielsen, 2017). Finalmente, se invita a incorporar elementos de la teoría sociolingüística —por ejemplo, los códigos semánticos— como apoyo para la comprensión de los discursos en el aula de clase y, de manera específica, utilizarlos como propuesta metodológica para analizar la epistemología de docentes y estudiantes en torno a temas particulares vinculados con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Referencias

- Allchin, D., Zemplén, G. Á. (2020). Finding the Place of Argumentation in Science Education: Epistemics and Whole Science. *Science Education*, 104, 907-933. <https://doi.org/10.1002/sce.21589>
- Atasoy, Ş., Tekbiyık, A., Çalık, M. y Yılmaz-Tüzün, Ö. (2022). Development of Argumentation Based Concept Cartoons for Socioscientific Issues: A Case of Science and Art Centers. *Education and Science*, 47(211), 323-367. <https://doi.org/10.15390/EB.2022.11327>
- Balladares-Burgos, J. (2018). La investigación educativa en el profesorado universitario: hacia una investigación basada en el diseño instruccional. *Revista Andina de Educación*, 1, 30-34. <https://doi.org/10.32719/26312816.2018.1.4>
- Bernal-Herrera, P., Cano-Iglesias, M. J., Franco-Mariscal, A. J. y Blanco-López, Á. (2023). Impacto de un debate sociocientífico en las habilidades argumentativas y en la toma de decisiones del profesorado de secundaria en formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 41(3), 113-132. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5861>
- Bernstein, B. (1999). Vertical and Horizontal Discourse: An Essay. *British Journal of Sociology of Education*, 20(2), 157-173. <https://doi.org/10.1080/01425699995380>
- Çalık, M. y Wiyarsi, A. (2021). A Systematic Review of the Research Papers on Chemistry- focused Socio-scientific Issues. *Journal of Baltic Science Education*, 20(3), 360-372. <http://dx.doi.org/10.33225/jbse/21.20.360>

- Chang, S.-N. y Chiu, M.-H. (2008). Lakatos' Scientific Research Programmes as a Framework for Analysing Informal Argumentation about Socio-scientific Issues. *International Journal of Science Education*, 30(13), 1753-1773. <https://doi.org/10.1080/09500690701534582>
- Cheng, C. H., Bråten, I., Yang, F. Y. y Brandmo, C. (2021). Investigating Structural Relationships Among Upper-Secondary School Students' Beliefs About Knowledge, Justification for Knowing, and Internet-Specific Justification in the Domain of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 58, 980-1009. <https://doi.org/10.1002/tea.21689>
- Christenson, N. y Walan, S. (2022). Developing Pre-Service Teachers' Competence in Assessing Socioscientific Argumentation. *Journal of Science Teacher Education*, 34(1). <https://doi.org/10.1080/1046560X.2021.2018103>
- Crujeiras, B. y Jiménez, M. (2018). Influencia de distintas estrategias de andamiaje para promover la participación del alumnado de secundaria en las prácticas científicas. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 36(2), 23-42. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/342047>
- Cutrera, G., Silva, A. y Ferreira, B. (2022). Gravedad semántica y formación docente en química: un estudio de caso centrado en procesos de contextualización del contenido de la escritura reflexiva. *Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação*, 28(55), 94-115. <https://doi.org/10.5380/jpe.v28i55.83658>
- Driver, R., Newton, P. y Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A)
- Domenèch, A. y Márquez, C. (2014). ¿Cómo justifican los alumnos el desacuerdo científico relacionado con una controversia sociocientífica? El caso de la reintroducción del oso en los Pirineos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(3), 303-319. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2014.v11.i3.03
- Domenèch, J. (2022). *Mueve la lengua, que el cerebro te seguirá*. Graó.
- Egloff, F. y Souvignier, E. (2020). Effects of Emotion on Teaching-Related Beliefs, Attitudes, and Intentions of Preservice Teachers. *Psychology Learning and Teaching*, 19(2), 161-183. <https://doi.org/10.1177/1475725719868410>
- Fadha, G. S., Purwianingsih, W. y Solihat, R. (2023). Use of E-Modules Based on Socio-Scientific Issues in Efforts to Improve Argumentation and Decision-Making Skills of High School Students. *Journal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 7591-7598. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i9.3507>
- Gibelli, T. (2014). *La investigación basada en diseño para el estudio de una innovación en educación superior que promueve la autorregulación del aprendizaje utilizando TIC* (ponencia). Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. <https://www.oei.es/historico/congreso2014/memoriactei/1440.pdf>
- Gómez, J., Marcos-Merino, J., Méndez, F., Mellado, V. y Esteban, M. (2019). Emociones académicas y aprendizaje de biología: una asociación duradera. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(2), 43-61. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2625>
- Hodson, D. (2013). La educación en ciencias como un llamado a la acción. *Archivos de Ciencias de la Educación*, 7(7), 1-15. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.6577/pr.6577.pdf
- Inglis, M., Mejía, J. y Simpson, A. (2007). Modelling Mathematical Argumentation: The Importance of Qualification. *Educational Studies in Mathematics*, 66(1), 3-21. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-9058-4>
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Graó.
- Jiménez, L. y Otero, J. (2019). La educación científica frente al pensamiento anticrítico en la vida diaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(1), 117-135. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2608>
- Kaya, E., Erduran, S., Aksoz, B. y Akgun, S. (2019). Reconceptualised Family Resemblance Approach to Nature of Science in Pre-Service Science Teacher Education. *International Journal of Science Education*, 41(1), 21-47. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1529447>
- Khishfe, R. (2022). Relationship Between Nature of Science and Argumentation: A Follow-Up Study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21, 1-22. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10307-0>
- Kuhn, D. (2010). Teaching and Learning Science as Argument. *Science Education*, 94(5), 810-824. <https://doi.org/10.1002/sce.20395>
- Martínez, L. (2014). Cuestiones sociocientíficas en la formación de profesores de ciencias: aportes y desafíos. *Tecné Episteme y Didaxis*: TED, 36, 77-94. <https://doi.org/10.17227/01213814.36ted77.94>
- Maton, K. (2011). Knowledge-Knower Structures in Intellectual and Educational Fields. En K. Maton (ed.), *Disciplinarity: Functional Linguistic and Sociological Perspectives* (pp. 87-108). Continuum International Publishing Group.
- Maton, K. (2016). Legitimation Code Theory: Building Knowledge About Knowledge-Building. En K. Maton, S. Hood y S. Shay (eds.), *Knowledge-Building: Educational Studies in Legitimation Code Theory* (pp. 1-24). Routledge.

- Maton, K. y Doran, Y. J. (2017). Semantic Density: A Translation Device for Revealing Complexity of Knowledge Practices in Discourse, Part 1-Wording. *Onomázein*, 2, 46-76. <https://doi.org/10.7764/onomazein.ne2.03>
- Maton, K. y Doran, Y. J. (2021). Constellating Science: How Relations Among Ideas Help Build Knowledge. En K. Maton, J. R. Martin y. J. Doran (eds.), *Teaching Science: Knowledge, Language, Pedagogy* (pp. 49-75). Routledge.
- Pelayo, D. y Martínez, L. (2016). Argumentación en estudiantes de educación media a partir del abordaje sociocientífico de la automedicación. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 12(2), 57-82. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/RLEE/article/view/326996>
- Plomp, T. (2013). Educational Design Research: An Introduction. En T. Plomp y N. Nieveen (eds.), *Educational Design Research – Part A: An Introduction* (pp. 10-51). SLO.
- Romero, M., Abril, A. y Quesada, A. (2017). Conectando los temas sociocientíficos, la naturaleza de la ciencia y el pensamiento crítico para hacer frente a los retos actuales en la educación científica (Ponencia). X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Sevilla, España, 5-8 septiembre de 2017.
- Ruiz, F. (2022). Emociones epistémicas en la enseñanza de la argumentación en ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 22, 1-19. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2022u11671185>
- Sadler, T. D. (2004). Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: A Critical Review of Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 513-536. <https://doi.org/10.1002/tea.20009>
- Sadler, T. D., Foulk, J. A. y Friedrichsen, P. J. (2017). Evolution of a Model for Socio-Scientific Issue Teaching and Learning. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(2), 75-87. <https://doi.org/10.18404/ijemst.55999>
- Solbes, J. (2019). Cuestiones sociocientíficas y pensamiento crítico: una propuesta para cuestionar las pseudociencias. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 46, 81-99. <https://doi.org/10.17227/ted.num46-10541>
- Tideman, S. y Nielsen, J. A. (2017). The Role of Socioscientific Issues in Biology Teaching: From the Perspective of Teachers. *International Journal of Science Education*, 39(1), 44-61. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1264644>
- Torres, N. Y. (2014). *Pensamiento crítico y cuestiones sociocientíficas: un estudio en escenarios de formación docente* (tesis de doctorado, Universitat de València). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=89360>
- Torres-Merchán, N., Pedreros-Benavides, E. y Valderrama, D. (2023). Abordaje de cuestiones sociocientíficas en Colombia: una revisión sistemática 2010-2020. *Zona Próxima*, 39, 5-33. <https://doi.org/10.14482/zp.39.611.456>
- Toulmin, S. (1958). *The Uses of Argument*. Cambridge University Press.
- Wang, F. y Hannafin, M. F. (2005). Design-Based Research and Technology-Enhanced Learning Environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23. <https://doi.org/10.1007/BF02504682>
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L. y Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A Research-Based Framework for Socioscientific Issues Education. *Science Education*, 89, 357-377. <https://doi.org/10.1002/sce.20048>