

Revisión sistemática sobre la argumentación en la formación del profesorado de ciencias en activo

Alejandra Martínez-Morales 

Doctorado en Educación. Facultad de Educación, Universidad Antonio Nariño. Colombia.

almartinez54@uan.edu.co

John Jairo Briceño-Martínez 

Escuela de Educación. Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Industrial de Santander.

Colombia. jjbrimar@uis.edu.co

[Recibido: 04 febrero 2024; Revisado: 15 noviembre 2024; Aceptado: 13 octubre 2025]

Resumen: La argumentación ha sido un tema central en la enseñanza de las ciencias, desarrollándose a partir de diversos enfoques que deben analizarse a la luz de las publicaciones de la última década. Este estudio identificó 24 revisiones publicadas hasta 2023, constatando que ninguna aborda de forma exhaustiva a los profesores en activo. Posteriormente, se realizó una revisión sistemática PRISMA, sobre la argumentación en docentes de ciencias en activo de preescolar, primaria, secundaria y universitario. La búsqueda abarcó el periodo 2010-2023 en bases como Web of Science, Scopus, Springer, EBSCO, ERIC, JSTOR, Taylor & Francis, Dialnet, SciELO y Redalyc. Se analizaron 55 estudios empíricos. En general, las intervenciones educativas reportan como resultado favorable la elaboración de argumentos mejorados por parte de quienes participan en estas estrategias formativas; no obstante, son pocos los estudios que exploran su impacto en los resultados de aprendizaje del estudiantado. También se observa escasa atención a los obstáculos que enfrentan los docentes para aprender a argumentar; parecería más relevante reportar los cambios logrados que detenerse a reflexionar sobre las dificultades. Asimismo, hay una limitada presencia de investigaciones centradas en el profesorado universitario y de educación infantil. Los enfoques más empleados incluyen la Argumentación Basada en la Investigación y la Heurística de Redacción Científica (ABI-SWH), seguidos por el Conocimiento Pedagógico del Contenido de la Argumentación (PCK-A), todos ellos basados en variaciones del Modelo Argumentativo de Toulmin (TAP). La Perspectiva Dialógica (PD) se destaca como una estrategia que fomenta la participación y representa una línea de investigación prometedora.

Palabras clave: Argumentación, Enseñanza de las Ciencias, Formación de Profesores en Activo, Didáctica de las Ciencias.

Systematic Review on Argumentation in Training of Science Teachers in Service

Abstract: Argumentation has been a central topic in science education, evolving through various approaches that should be analyzed in light of publications from the past decade. This study identified 24 review articles published up to 2023, finding that none of them provide a comprehensive focus on in-service teachers. Subsequently, a PRISMA-based systematic review was conducted on argumentation among in-service science teachers at the preschool, primary, secondary, and university levels. The search covered the period 2010–2023 across databases such as Web of Science, Scopus, Springer, EBSCO, ERIC, JSTOR, Taylor & Francis, Dialnet, SciELO, and Redalyc. A total of 55 empirical studies were analyzed. Overall, educational interventions report as a favorable outcome the development of improved arguments by participants in these formative strategies. However, few studies examine the impact of these changes on students' learning outcomes. Limited attention is also given to the obstacles teachers face in learning to argue; it seems more relevant to report achieved changes than to reflect on the underlying difficulties. Moreover, there is a scarce presence of research focused on university-level and early childhood education teachers. The most commonly employed approaches include Argument-Based Inquiry and the Science Writing Heuristic (ABI-SWH), followed by Pedagogical Content Knowledge of Argumentation (PCK-A), all based on variations of Toulmin's Argument Pattern (TAP). The Dialogic Perspective (DP), in turn, stands out as a strategy that promotes classroom participation and represents a promising line of research.

Keywords: Argumentation, Science Teaching, Inservice Teacher Education and Science Didactics.

Para citar este artículo: Martínez-Morales, A. y Briceño-Martínez, J. (2025). Revisión Sistemática sobre la Argumentación en la Formación del Profesorado de Ciencias en Activo. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 22(3), 3603.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2025.v22.i3.3603

Introducción

La argumentación se ha configurado como una línea de investigación de alto interés para la Enseñanza de las Ciencias, con un amplio desarrollo durante los últimos años (Adúriz-Bravo, 2014; Boğar, 2019; Costa y Broietti, 2021; Erduran et al., 2015; Fakhriyah et al., 2021; Khine, 2011; Lazarou y Erduran, 2021; Urdanivia Alarcón et al., 2023). Esta se reconoce como parte del proceso propio de la construcción de conocimiento científico y de la actividad científica, por ello, se ha convertido en una estrategia para favorecer la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Boğar, 2019; Bricker y Bell, 2008; Jiménez-Aleixandre y Erduran, 2007; Nussbaum et al., 2008; Sampson et al., 2011; Simon et al., 2006; Tippet, 2009). Además, permite el desarrollo de habilidades cognitivas, comunicativas y de pensamiento crítico necesarias para participar de manera activa y reflexiva en la sociedad (Faize et al., 2017; Jiménez-Aleixandre y Díaz, 2003; Osborne et al., 2001, 2004; Sampson y Clark, 2008).

Las revisiones desarrolladas sobre argumentación muestran el avance que ha venido teniendo el tema dentro de la comunidad de investigadores. Han sido 24 los trabajos de revisiones que se han reportado en la última década. De estas revisiones se declaran bibliográficas 9 (Amiruddin, 2023; Archila, 2016; Bağ y Çalik, 2017; Boğar, 2019; Çetinkaya y Tasar, 2017; Jung y Nam, 2022; Kahraman y Kaya, 2021; Pinochet, 2015; Ramos et al., 2017), críticas 3 (Faize et al., 2017; Nielsen, 2013; Soysal, 2015), sistemáticas 8 (Álvarez García y García Martínez, 2023; Fakhriyah et al., 2021; Kuki et al., 2023; Li et al., 2022; Obando y Tamayo, 2021; Setyaningsih y Rahayu, 2023; Weiss et al., 2022; Wess et al., 2023) y de metaanálisis 4 (Erduran et al., 2015; Ramallosa et al., 2022; Sari y el Islami, 2020; Yıldırım, 2022).

En las anteriores revisiones se constata el aumento de los estudios sobre argumentación, pues solo en los últimos dos años (2022-2023) se publicaron 10 de los trabajos. También es importante mencionar que 2 hacen énfasis en la formación inicial de profesores y a sus concepciones y creencias (Archila, 2016; Ramos et al., 2017). Aunque 2, están relacionadas a la formación de profesores en activo y en formación (Sari y el Islami, 2020; Wess et al., 2023), no se construyeron involucrando trabajos en inglés, español y portugués, es decir, que amplíen la búsqueda de artículos en varias bases y por tanto de países. Por ejemplo, Sari y el Islami (2020) describen las estrategias argumentativas encontradas en 10 artículos únicamente de WoS. En el caso de Wess et al., (2023) se caracterizan las estrategias de Desarrollo Profesional Docente en argumentación implementadas con el profesorado y se describen los efectos que se reportan en esos estudios, generalmente positivos, sin profundizar mucho en la práctica de enseñanza, por lo que en esta revisión como novedoso y necesario,—diferente a lo realizado en las anteriores revisiones—, se han planteado las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuáles son los principales hallazgos de los estudios que se centran en caracterizar al profesorado en activo tanto en sus concepciones y creencias como en su práctica de enseñanza argumentativa?
2. ¿Cuáles son los enfoques o modelos que usan las estrategias de argumentación trabajadas con el profesorado en activo?

Marco teórico

La argumentación es un elemento esencial en la enseñanza de las ciencias, pues contribuye a la construcción del conocimiento y al desarrollo del pensamiento crítico (Erduran et al., 2015; Mulyani et al., 2024; Osborne, 2012). En la comunidad científica, facilita la formulación y evaluación de afirmaciones basadas en evidencia, así como la participación en prácticas discursivas propias del campo (Duschl y Osborne, 2002; Jiménez Aleixandre y Erduran, 2007). Su integración en el aula favorece la comprensión profunda de los conceptos científicos y el desarrollo de competencias para la alfabetización científica (Sandoval y Millwood, 2007; Tippet, 2009).

Olbrechts-Tyteca y Perelman (1989) destacan que la persuasión depende de cómo el auditorio recibe e interpreta los argumentos, ya que su efectividad no solo radica en la solidez lógica, sino en su capacidad para ajustarse a las creencias y valores de quienes los escuchan. Walton (1996) la sitúa en el marco del diálogo entre los que participan en la construcción de argumentos y Habermas (1987) la entiende como una herramienta para alcanzar consensos racionales. Toulmin (2007) introduce un modelo pragmático basado en la estructura de los argumentos en contextos específicos, y Plantin (1998) ofrece una perspectiva interdisciplinaria que combina la lógica para estructurar los argumentos, la retórica para hacerlos persuasivos y la pragmática para analizar cómo se construyen e interpretan en distintos contextos de comunicación. Estos enfoques han sido ampliamente utilizados en la enseñanza de las ciencias, proporcionando marcos para la construcción y evaluación de argumentos en el aula (Jiménez Aleixandre y Erduran, 2007; Nielsen, 2013).

Es importante diferenciar entre argumentación y argumento: la primera es un proceso dinámico de construcción del conocimiento, mientras que el segundo es su producto final (Nielsen, 2013; Pinochet, 2015). Asimismo, se distingue entre argumentación científica, propia de la comunidad científica, y argumentación científica escolar, adaptada a los procesos de enseñanza y aprendizaje (Archila, 2016; Ramos et al., 2017).

A pesar del reconocimiento de la argumentación en la enseñanza de las ciencias, su implementación sigue siendo un desafío debido a factores como la falta de formación de los profesores y la complejidad de evaluarla en el aula (Briceño-Martínez, 2013; Benarroch y Briceño, 2023; Erduran y Jiménez-Aleixandre, 2007). Además, la argumentación en la educación científica no solo es una estrategia didáctica, sino una práctica epistémica central en la construcción del conocimiento científico (Osborne et al., 2001, 2004).

Las creencias del profesorado influyen en su enseñanza: muchos docentes la ven como un proceso exclusivo de expertos y no como una competencia a desarrollar en los estudiantes, lo que refuerza enfoques centrados en la transmisión de información en lugar de fomentar el razonamiento basado en evidencia (Briceño, 2017; Osborne, 2010; Zohar y Nemet, 2002).

Para responder a los desafíos que implica la enseñanza de la argumentación, se han desarrollado diversos enfoques que la integran como eje estructurante del aprendizaje científico. Uno de los más influyentes en la enseñanza de la argumentación científica es el Toulmin's Argument Pattern (TAP), propuesto por Stephen Toulmin en 1958, quien criticó el carácter excesivamente formal del modelo lógico-deductivo clásico y planteó una alternativa más flexible y contextualizada (Toulmin, 2007). Su enfoque reconoce que la argumentación, especialmente en contextos cotidianos y científicos, responde a una estructura dialógica en la que deben explicitarse los componentes del razonamiento, permitiendo la crítica, la evaluación y la refutación (Pinochet, 2015). Este modelo, preocupado por la estructura de la argumentación, plantea que esta se compone de elementos como la afirmación, los datos, la garantía, el respaldo, el calificador modal

(por ejemplo: posiblemente, seguramente, en la mayoría de los casos, etc.) y la refutación. Además, ha demostrado ser una herramienta eficaz para analizar y construir argumentos sólidos, adaptados a distintas situaciones comunicativas (Toulmin, 2007; Erduran y Jiménez-Aleixandre, 2007).

En el contexto educativo, el TAP se ha implementado con éxito para enseñar a los estudiantes a identificar y evaluar argumentos, a comprender la naturaleza de la evidencia científica y a comunicar sus ideas de manera estructurada y crítica. Su aplicación en actividades como el análisis de textos científicos, la discusión de casos o la planificación de experimentos permite promover la alfabetización científica y el desarrollo del pensamiento crítico, aspectos esenciales en la formación en ciencias. Su utilidad reside no solo en la enseñanza, sino también en la evaluación de las competencias argumentativas, favoreciendo una comprensión más profunda de los procesos científicos y de la construcción del conocimiento (Erduran y Jiménez-Aleixandre, 2007).

Desde otra perspectiva, el enfoque Science Writing Heuristic (SWH) plantea que la escritura científica es una herramienta poderosa para promover el pensamiento crítico y la argumentación en el aprendizaje de las ciencias. Basado en fundamentos del constructivismo y del aprendizaje significativo, este modelo sostiene que los estudiantes construyen conocimiento al reflexionar y comunicar sus ideas por escrito, particularmente a partir del análisis de datos experimentales (Hand, 2008). Este enfoque busca que los estudiantes articulen afirmaciones basadas en evidencia, identifiquen relaciones conceptuales y comuniquen sus hallazgos con claridad. En contextos escolares, su implementación ha mostrado beneficios en la mejora de la comprensión conceptual y en el fortalecimiento de habilidades argumentativas (Hand et al., 2009).

Complementariamente, el modelo Argument-Based Inquiry (ABI) articula la indagación científica con la construcción de argumentos, promoviendo un aprendizaje activo y basado en la evidencia (Soysal, 2021). Inspirado en el pensamiento de John Dewey y en enfoques constructivistas, el ABI propone que los estudiantes formulen preguntas, diseñen investigaciones, analicen datos y construyan argumentos para defender sus conclusiones (Sampson et al., 2011). Su implementación incluye actividades como debates, análisis de experimentos y presentaciones argumentadas, que fortalecen el pensamiento crítico y la comprensión del proceso científico. La investigación ha demostrado su efectividad en el desarrollo de competencias científicas cuando se aplica con acompañamiento pedagógico adecuado (Soysal, 2021).

Más recientemente, el enfoque Pedagogical Content Knowledge en Argumentación (PCK-A) señala que enseñar a argumentar en ciencias requiere tanto conocimiento disciplinar como didáctico especializado. Basado en el concepto propuesto por Shulman, este enfoque destaca la necesidad de que los docentes comprendan cómo transformar el contenido en experiencias de aprendizaje efectivas mediante estrategias adaptadas a sus estudiantes (Shulman, 1987). En la práctica, el PCK-A permite seleccionar actividades apropiadas —como discusiones, análisis de evidencia o elaboración de modelos— que favorecen el desarrollo de argumentos científicos. Investigaciones como las de McNeill y Knight (2013) y Larraín et al. (2022) evidencian que fortalecer este tipo de conocimiento mejora la implementación de la argumentación en el aula, así como la comprensión científica de los estudiantes.

Por otro lado, la perspectiva dialógica, entiende la argumentación como una práctica social donde el conocimiento se construye a través del diálogo, el contraste de ideas y la negociación de significados. Inspirada en la retórica clásica y el constructivismo, destaca el valor de la interacción verbal en la enseñanza de las ciencias (Plantín, 1998; Osborne et al., 2001). En términos pedagógicos, promueve actividades como debates, análisis de casos y discusiones guiadas que permiten a los estudiantes construir y defender argumentos, considerar contraargumentos y

reflexionar sobre el proceso argumentativo. En este sentido, modelos como el de Walton (1996) permiten analizar la calidad de estas interacciones. Estudios recientes evidencian que este enfoque fortalece la comprensión conceptual, la participación y el pensamiento crítico, al fomentar un aprendizaje activo y colaborativo (Wess et al., 2023; Zaccarelli et al., 2024).

Finalmente, es importante destacar que no todos los enfoques argumentativos generan los mismos resultados. Zohar y Nemet (2002) advierten que la calidad de los argumentos construidos por los estudiantes está influenciada por la formación de los profesores y por el valor de la argumentación como estrategia de aprendizaje. En este sentido, la investigación en didáctica de las ciencias debe seguir explorando cómo estas estrategias pueden optimizarse para mejorar las prácticas de enseñanza y, en consecuencia, los resultados de aprendizaje de los estudiantes.

Método

La revisión sistemática se realizó entre los años 2010 al 2023 bajo la metodología PRISMA, usando los siguientes criterios de búsqueda: “argumentation” AND “science education” y “argumentation in science”, para identificar trabajos en inglés en las bases de datos WoS, Scopus, EBSCO, Eric, Jstor, Springer Link, Tylor y Francis y Google Académico; y “argumentación” AND “enseñanza de las ciencias” y “argumentación en ciencias” para ubicar los artículos en español en Dialnet, Scielo, Redalyc y Google Académico. En la tabla anexo 1, se muestran los resultados obtenidos por cada base de datos en función de los criterios de búsqueda establecidos.

El proceso de selección de estudios se realizó en varias etapas siguiendo el diagrama de flujo PRISMA (Figura 1). En un primer cribado, se eliminaron 8109 de los 9830 resultados obtenidos, con base en los siguientes criterios de exclusión:

- Estudios de disciplinas ajenas a las ciencias experimentales, como lenguaje, matemáticas, ciencias sociales e ingeniería, dado que el foco es la enseñanza de la argumentación en ciencias naturales.
- Trabajos cuyo eje central no es la argumentación, aunque traten pensamiento crítico o habilidades socio-científicas sin un marco argumentativo explícito.
- Estudios que mencionan la argumentación solo tangencialmente en la enseñanza de las ciencias, sin un análisis profundo sobre su implementación en el aula.

Luego, se eliminaron 832 publicaciones duplicadas en distintas bases de datos, quedando 889 estudios que cumplieron con los criterios iniciales de inclusión y fueron categorizados según el tipo de participantes y población de estudio.

El cribado en la fase de elegibilidad reveló tendencias clave en la investigación sobre argumentación en la enseñanza de las ciencias. Como muestra la tabla anexo 2, la mayoría de los estudios analizados (599 artículos) se centran en estudiantes, reflejando un fuerte interés en su proceso argumentativo en el aula. En contraste, solo 66 estudios abordan la argumentación en profesores en activo, evidenciando una menor atención a su formación y práctica argumentativa, pese a su impacto en la enseñanza de las ciencias.

En la siguiente fase, se aplicaron criterios más específicos para refinar la selección. De los 66 artículos en la categoría “profesores en activo” (ver tabla anexo 2, columna d), se excluyeron 11 por los siguientes motivos:

- Dos estaban en idiomas distintos al inglés, español o portugués, lo que dificultaba su inclusión.

- Tres analizaban la argumentación en relación con otras disciplinas, como matemáticas e ingeniería, alejándose del foco de la revisión.
- Seis pertenecían a un mismo autor y presentaban hallazgos similares, por lo que se incluyó solo la versión más relevante.

Finalmente, se seleccionaron 55 estudios alineados con las preguntas de investigación, enfocados en la formación de profesores en activo y su rol en la enseñanza de la argumentación en ciencias. El análisis del proceso de cribado evidencia que, aunque la argumentación es un tema ampliamente abordado en la literatura (9830 estudios iniciales), la alta tasa de exclusión (91.6%) muestra que pocos trabajos se enfocan directamente en la formación docente en argumentación.

Esto abre una oportunidad, ya que fortalecer la argumentación en los profesores puede mejorar significativamente las prácticas de enseñanza. Estos hallazgos serán analizados en profundidad en los resultados, donde se explorarán tendencias y enfoques predominantes en la formación docente en argumentación.

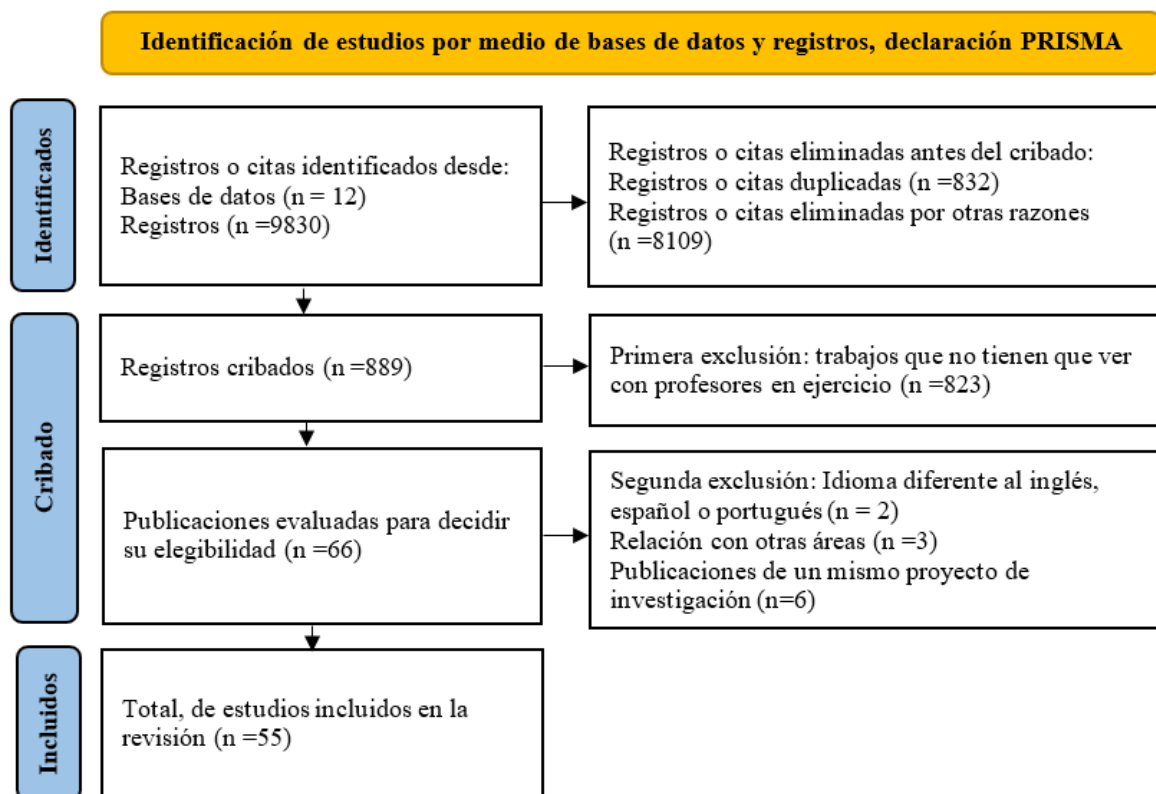


Figura 1. Revisión sistemática: declaración PRISMA.

Resultados

En total serán 55 trabajos los que se analizarán a detalle en esta revisión. Para responder a la pregunta número 1, se han escogido los estudios (24) que han realizado caracterizaciones o diagnósticos (C) sobre las concepciones y creencias (CC) como de la práctica de enseñanza en argumentación (CP). La pregunta número 2, se enfrenta con los trabajos en los que se realizaron intervenciones (I) para enseñar la argumentación en los profesores (31), también se identifican en estos estudios los que han realizado caracterizaciones antes de desarrollar una intervención para complementar las respuestas a la pregunta 1.

Pregunta 1

En la Tabla 1 se sintetizan 24 estudios sobre concepciones, creencias y prácticas de enseñanza en argumentación. La mayoría se ha realizado en Estados Unidos (10) y Latinoamérica, incluido México (8), reflejando el creciente interés en esta región. Otros 6 estudios provienen de países como Sudáfrica, Taiwán, Suecia, Corea del Sur, Israel y Turquía, mostrando una menor pero significativa contribución internacional. Predominan los métodos cualitativos, y solo 8 estudios incluyen más de 20 participantes; de estos, únicamente uno declara una muestra representativa (Sampson y Blanchard, 2012). Esto resalta la necesidad de investigaciones con mayor representatividad estadística, sin desvalorar los aportes cualitativos.

Se analizaron 24 investigaciones centradas en la caracterización del profesorado: 16 enfocadas exclusivamente en docentes de secundaria, 4 en el ámbito universitario, 2 en primaria, 1 en preescolar y 1 que abarca tanto secundaria como universidad. De estos trabajos, 13 investigaron las concepciones y creencias del profesorado sobre la argumentación (CC), mientras que 11 abordaron sus prácticas argumentativas (CP), evidenciando un equilibrio en la atención investigativa entre ambos aspectos.

Frente a los trabajos denominados como CC se encuentra que hay una clara necesidad de formación que requieren los profesores en argumentación, ya que se encuentra que sus concepciones y creencias sobre este tema son limitadas o no informadas. En consecuencia, se requieren procesos de formación para mejorar, por un lado, lo que saben los profesores sobre argumentación (CC) y, por otro, sobre cómo se puede implementar en el aula (CP). Esto ocurre, concretamente, porque la argumentación: es confundida con otras formas de discurso como una explicación sin razonamientos (Hewson y Ogunniyi, 2011), o no es reconocida como parte fundamental del conocimiento científico y, por lo tanto, es irrelevante en la enseñanza de las ciencias (Choi et al., 2021; García et al., 2016); además, es una habilidad difícil de desarrollar tanto en los estudiantes (Katsh-Singer et al., 2016; Larrain et al., 2022a; Vieira et al., 2016; Wang y Buck, 2016) como en los profesores (Abi-El-Mona y Abd-El-Khalick, 2011; de Cajén y Castiñeras, 2020).

Frente a las investigaciones que indagan sobre las prácticas argumentativas de los profesores (CP), los hallazgos principales enfatizan que, en algunos casos particulares, los profesores que reconocen la importancia de la argumentación en los procesos de aprendizaje de las ciencias no siempre lo reflejan en sus prácticas de enseñanza donde son mayormente tradicionales (Chávez Vescance y Caicedo Tamayo, 2014; Felton et al., 2022; Lin et al., 2017; Sengul et al., 2020). En otros casos los obstáculos de los profesores están relacionados con la creencia de que los estudiantes difícilmente podrán usar la argumentación por sus limitaciones de comprenderla y aplicarla (Sampson y Blanchard, 2012; Sengul et al., 2020; Zafrani y Yarden, 2022).

Se indagó si en los trabajos de intervención (I) había información importante sobre la caracterización de las concepciones y creencias (CC) o las prácticas argumentativas (CP), encontrándose que, en 16 (de 31) de los trabajos se realizaron diagnósticos previos al desarrollo de la estrategia (Briceño-Martínez, 2017; Calderón et al., 2020; Cavlazoglu y Stuessy, 2018; Chowning, 2022; Drits-Esser et al., 2021; Fishman et al., 2017; Holmqvist y Olander, 2017; Knight-Bardsley y McNeill, 2016; Kutluca, 2021; Loper et al., 2019; McNeill y Knight, 2015; Nussbaum et al., 2020; Peters-Burton et al., 2022; Rinehart et al., 2022; Ruiz Ortega et al., 2014; Shemwell et al., 2015). Estos estudios concuerdan con lo anterior mencionado sobre las necesidades formativas de los profesores. Lo más significativo que se agrega es que el centro de los cambios no puede ser únicamente el profesor, sino que el estudiante también debe transformar sus concepciones y creencias (Chen et al., 2017; Loper et al., 2019). Además, Liu y Roehrig (2019)

destacan que los profesores novatos, aunque más flexibles y tolerantes a la incertidumbre, necesitan formación conceptual sobre la argumentación, mientras que los expertos, al basarse en creencias consolidadas, requieren motivación y tiempo para implementar nuevas estrategias. Por tanto, las estrategias formativas deben adaptarse: algunos necesitan reforzar conceptos, y otros, acompañamiento en aspectos procedimentales en el aula (Benarroch et al., 2024).

Tabla 1. Estudios sobre caracterización de las creencias y las prácticas argumentativas de los profesores en activo

Nº	Año	Autores	País	M	N	Método	G
1	2011	Abi-El-Mona y Abd-El-Khalick	Estados Unidos	30	U	Entrevistas	CC
2	2011	Hewson y Ogunniyi	Sudáfrica	9	S y U	Grupo Focal	CC
3	2012	Fagúndez Zambrano y Castells Llavanera	Venezuela	3	U	Estudio de casos	CP
4	2012	Sampson y Blanchard	Estados Unidos	30	S	Entrevistas	CP
5	2014	Chávez Vescance y Caicedo Tamayo	Colombia	22	U	Análisis de contenido	CP
6	2014	Gray y Kang	Estados Unidos	4	S	Análisis de clases y entrevistas	CC
7	2016	Vieira et al.	Brasil	7	U	Entrevistas	CC
8	2016	Wang y Buck	Estados Unidos	2	S	Estudio de caso	CC
9	2016	García et al.	Argentina	25	S	Indagación Exploratoria	CC
10	2016	Katsh-Singer et al.	Estados Unidos	34	S	Métodos mixtos	CC
11	2017	de La Riva	México	1	S	Análisis del discurso	CP
12	2017	McNeill et al.	Estados Unidos	65	S	Análisis de casos	CP
13	2017	Lin et al.	Taiwán	2	S	El uso de la técnica de rejilla RGT	CP
14	2018	Gunnarsson et al.	Suecia	11	S	Entrevistas	CC
15	2018	McNeill et al.	Estados Unidos	20	S	Caso de estudio múltiple	CP
16	2019	Chen et al.	Estados Unidos	2	S	Grabaciones clases, notas de investigadores, trabajo de los estudiantes y actividades	CP
17	2020	de Cajén y Castiñeras	Argentina	4	S	Análisis con TAP	CC
18	2020	Sengul et al.	Estados Unidos	3	S	Observaciones, entrevistas y actividades diseñadas.	CP
19	2021	Choi et al.	Corea del Sur	53	D	Cuestionarios	CC
20	2022	Larrain et al. a	Chile	10	P	Entrevistas	CC
21	2022	Felton et al.	Estados Unidos	1	S	Observaciones y entrevistas	CP
22	2022	Larrain et al. b	Chile	10	P	Entrevistas	CC
23	2022	Zafrani y Yarden	Israel	8	S	Observaciones	CP
24	2023	Saribas	Turquía	19	Pr	Análisis de escenarios argumentativos	CC

Nota. M=muestra. N=nivel de ejercicio de los profesores. G=grupo al que pertenecen los estudios. U= Universitario. S= secundaria. P= primaria. Pr=prescolar. CC=caracterización concepciones y creencias sobre argumentación. CP=caracterización de las prácticas argumentativas. TAP= Modelo de la Argumentación de Toulmin (traducido de su sigla en inglés). RGT= Uso de la técnica de rejilla traducido de su sigla en inglés.

Pregunta 2

En la tabla 2 se presentan 31 estudios sobre intervenciones (I) con profesores en activo de educación primaria (8), primaria y secundaria (6), secundaria (16) y universitaria (1). Se resalta que hay más trabajos sobre estrategias formativas con docentes que aquellos enfocados en caracterizar concepciones, creencias y práctica, lo que aporta información clave sobre el Desarrollo Profesional Docente.

Las investigaciones sobre estrategias de formación en argumentación con profesores suelen evaluar el proceso antes y después (A-D), mediante entrevistas, cuestionarios, análisis de planeaciones de clase u observaciones (17). Estos estudios aportan evidencia sobre cambios y obstáculos en la formación, mientras que en 14 solo se evalúa al final, lo que limita el análisis de los logros alcanzados.

En cuanto al tiempo (T) de las estrategias, 11 son intensivas (1-3 semanas), 11 tienen seguimiento prolongado (meses o años) y 9 no especifican duración. Se coincide en la necesidad de ampliar los tiempos de implementación y seguimiento, e incluir encuentros de reflexión entre docentes, ya que la autorreflexión es clave para generar cambios en su práctica. Aunque la tecnología tiene gran potencial como apoyo en la formación, aún se requieren más iniciativas en esta línea.

Estados Unidos lidera la investigación en formación en argumentación con 19 estudios, mientras que Latinoamérica, con 5 (Colombia, Chile y Brasil), muestra un campo emergente con potencial. Predominan los enfoques cualitativos, y aunque 9 estudios incluyen más de 20 participantes, ninguno reporta muestras representativas. La mayoría usa estudios de caso con muestras a conveniencia, lo que aporta profundidad en las prácticas y concepciones docentes, pero limita la generalización de los resultados.

Las conclusiones de los 31 estudios analizados reportan mejoras en las creencias y prácticas argumentativas de los profesores tras la implementación de estrategias específicas. Sin embargo, falta documentación sobre los obstáculos y retrocesos que enfrentan los docentes, lo que dificulta identificar áreas prioritarias para mejorar futuras intervenciones (Wess et al., 2023). Solo tres estudios describen en detalle estos obstáculos, señalando que argumentar no es fácil y requiere tiempo para consolidar cambios. En algunos casos, estos cambios no se sostienen porque es más sencillo impartir una clase expositiva-tradicional que diseñar actividades argumentativas y lograr que los estudiantes argumenten (Briceño, 2017; Cavlazoglu y Stuessy, 2018; Çoban et al., 2016).

Concretamente, se destaca que hay una variedad de estrategias argumentativas, no obstante, las que más se han trabajado son: “Argument Based Inquiry” y “Science Writing Heuristic” (ABI-SWH) que en español se denominarían Argumentación Basada en la Investigación y la Heurística de Redacción Científica, seguida del Conocimiento Pedagógico del Contenido de la Argumentación (sus siglas en inglés: PCK) y las que son propiamente las del Modelo de la Argumentación de Toulmin (siglas en inglés: TAP). La perspectiva dialógica (PD) cobra auge y privilegia la argumentación ligada a la interacción en el aula directa entre el profesor y el estudiante. Aunque las estrategias en general no abandonan del todo el modelo de Toulmin, en cada una de ellas hay grandes aportes en los que se destaca: el énfasis que hace ABI al proceso metodológico (*inquiry*) y las que se centran en mejorar la calidad del argumento por medio de evidencias sólidas y que se puedan refutar mediante más evidencia y, en contraste, con más argumentos (PCK, SWH y PD): ABI-SHW > PCK > TAP > PD > otros.

Tabla 2. Estudios sobre estrategias de formación y sus modelos o enfoques argumentativos

Nº	Año	Autores	País	N	M	E	Tiempo	Modelo o enfoque argumentativo
1	2010	Rezende y Castells	Brasil	S	19	A-D	10 semanas	TPO
2	2012	Crippen	Estados Unidos	S	42	D	8 días	SWH
3	2012	Simon et al.	Reino Unido	P y S	3	D	N/A	IDEAS
4	2014	Ruiz Ortega et al.	Colombia	P	5	A-D	7 meses	PD
5	2014	Christodoulou y Osborne	Reino Unido	S	1	D	2 años	TAP
6	2015	Choi et al.	Estados Unidos	P	19	D	1 año	ABI – SWH
7	2015	Kim y Hand	Estados Unidos	S	6	D	N/A	ABI – SWH
8	2013	McNeill y Knight	Estados Unidos	P y S	70	A-D	3 meses	PCK
9	2015	Shemwell et al.	Estados Unidos	S	18	A-D	4 meses	CER
10	2016	Çoban et al.	Turquía	S	37	D	1 semana	PCK
11	2016	McNeill et al.	Estados Unidos Reino Unido	S	42	D	N/A	No se menciona
12	2016	Knight-Bardsley y McNeill	Estados Unidos	P y S	5	A-D	4 meses	CER – PCK
13	2017	Ozdem-Yilmaz et al.	Turquía	P y S	3	D	N/A	PCK
14	2017	Chen et al.	Estados Unidos	P	31	D	2 semanas	ABI - SWH
15	2017	Fishman et al.	Estados Unidos	P	37	A-D	3 semanas	ACE
16	2017	Larraín et al.	Chile	P	1	D	6 semanas	No se menciona
17	2017	Holmqvist y Olander	China	S	7	A-D	3 sesiones	TVAP
18	2017	Briceño-Martínez	Colombia	U	3	A-D	N/A	TAP
19	2018	Cavlazoglu y Stuessy	Estados Unidos	S	7	A-D	6 días	TAP
20	2019	Liu y Roehrig	Estados Unidos	S	14	D	1 año	No se menciona
21	2019	Loper et al.	Estados Unidos	S	90	A-D	N/A	ACID
22	2020	Nussbaum et al.	Estados Unidos	S	7	A-D	1 año	PCK - CER
23	2020	Calderón et al.	Chile	S	4	A-D	3 sesiones	No se menciona
24	2020	Anderson y McDermott	Estados Unidos	P y S	6	D	N/A	SWH
25	2021	Drits-Esser et al.	Estados Unidos	S	38	A-D	N/A	NGSS
26	2021	Lazarou y Erduran	Chipre	P	4	D	1 sesión	TAP
27	2021	Kutluca	Turquía	P	5	A-D	6 meses	ASC y PCK
28	2021	Sengul et al.	Estados Unidos	S	3	D	1 semana	ABI - PCK
29	2022	Peters-Burton et al.	Estados Unidos	S	3	A-D	1 semana	PCK
30	2022	Rinehart et al.	Estados Unidos	P y S	77	A-D	N/A	ABI
31	2022	Chowning	Estados Unidos	S	21	A-D	13 días	PD

Nota. N=nivel. S=secundaria. P=primaria. U=universitaria. M=muestra. E=evaluación. A-D= Evaluación antes y después de la intervención de la estrategia. D= Evaluación solo después de la intervención. TPO= Técnicas Argumentativas de Perelman y Olbrechts – Tyteca. SWH= Adaptaciones de la Heurística de Redacción Científica. IDEAS= Ideas, Evidencia y Argumentación en Ciencias. PD= Perspectiva dialógica. TAP= Modelo de la Argumentación de Toulmin. ABI= Argumentación Basada en la Investigación. SWH=Argumentación basada en la Heurística de Redacción Científica. PCK= Conocimiento Pedagógico del Contenido de la Argumentación. CER= Afirmaciones, Evidencia y Razonamiento. ACE= Argumentación científica desde la evidencia. ACID= Argumentación científica desde las interacciones dialógicas. ASC= Argumentación socio científica. TVAP= Teoría de la variación y el aprendizaje colaborativo. NGSS= Estándares de Ciencia de la Próxima Generación.

Discusión y conclusiones

Los estudios revisados confirman que los profesores en activo necesitan formación previa para implementar de manera efectiva la enseñanza argumentativa en el aula. Las concepciones y creencias sobre la argumentación en ciencias, según los datos recopilados, son limitadas y no forman parte habitual de sus prácticas de enseñanza (Abi-El-Mona y Abd-El-Khalick, 2011; Choi et al., 2021; de Cajén y Castiñeras, 2020; García et al., 2016; Gray y Kang, 2014; Hewson y Ogunniyi, 2011; Katsh-Singer et al., 2016; Larrain et al., 2022a, 2022b; Lin et al., 2017; Saribas, 2023). Aunque los profesores reconocen la importancia de la argumentación para el aprendizaje de las ciencias, esta no se refleja espontáneamente en su enseñanza sin un apoyo formativo específico (Chávez Vescance y Caicedo Tamayo, 2014; Felton et al., 2022; Lin et al., 2017; Sengul et al., 2020).

Entre las estrategias argumentativas más utilizadas destacan ABI-SHW, PCK, TAP y la PD. ABI-SHW y PCK, relacionados con el modelo de Toulmin (TAP), se enfocan en el desarrollo estructural de la argumentación, mientras que la PD promueve espacios dialógicos en los que el discurso del docente facilita la construcción de argumentos a través de la interacción (Briceño-Martínez, 2013; Chowning, 2022; Loper et al., 2019; Ruiz Ortega et al., 2014). Este enfoque subraya la importancia de crear entornos en los que los estudiantes puedan debatir y construir argumentos de manera contextualizada. Sin embargo, los estudios basados en PCK y PD son los que mejor documentan los obstáculos en la implementación de estas estrategias, como la resistencia a la incertidumbre y la dificultad de adoptar prácticas innovadoras (Liu y Roehrig, 2019). Esto resalta la importancia de diseñar estrategias de formación diferenciadas y ajustadas a las necesidades específicas de los profesores. Asimismo, es fundamental que dichas estrategias incluyan la evaluación de los progresos de los estudiantes, asegurando que las mejoras alcanzadas por los profesores se reflejen en los resultados de aprendizaje de sus estudiantes.

Las estrategias prácticas de corto plazo, como ABI-SHW, han demostrado ser efectivas para modificar prácticas de enseñanza, y todos los enfoques estudiados han mostrado efectos positivos en los profesores, lo que refuerza la importancia de una formación continua. No obstante, la falta de reportes sobre los obstáculos enfrentados limita la comprensión de los desafíos y las estrategias utilizadas para superarlos, dejando un vacío en el análisis que podría enriquecer futuras intervenciones formativas. En este sentido, se propone que los programas de desarrollo profesional incluyan módulos específicos sobre ABI-SHW, PCK y TAP y la creación de entornos dialógicos (PD), junto con actividades que fomenten la autorreflexión y la colaboración entre profesores (Knight-Bardsley y McNeill, 2016; Briceño-Martínez, 2017; Benarroch y Briceño, 2023). Estas acciones no solo fortalecerían las prácticas argumentativas en el aula, sino que también podrían contribuir al desarrollo de habilidades críticas en los estudiantes, promoviendo su participación activa en la sociedad (Sengul et al., 2021; Jiménez-Aleixandre y Erduran, 2007).

Este análisis también resalta las limitaciones metodológicas de los estudios, por ejemplo, la mayoría de los trabajos revisados utilizan muestras pequeñas y enfoques cualitativos, lo que dificulta la generalización de los hallazgos (Sampson y Blanchard, 2012; McNeill et al., 2017). Además, la concentración de estudios en contextos como Estados Unidos limita el entendimiento de cómo estas prácticas pueden adaptarse a otras realidades culturales y educativas (Wess et al., 2023). Es esencial que futuras investigaciones amplíen el alcance geográfico y empleen metodologías mixtas o cuantitativas para obtener resultados más representativos y robustos (Ramos et al., 2017; Obando y Tamayo, 2021). Estas mejoras permitirían avanzar hacia una implementación más efectiva y contextualizada de la enseñanza argumentativa en ciencias.

Por último, se destaca la escasez de investigaciones centradas en la educación infantil, el profesorado universitario y el de básica primaria, en contraste con la mayor concentración de estudios en el ámbito de la educación secundaria. Esto subraya la necesidad urgente de fortalecer la investigación en los niveles educativos menos explorados, contribuyendo en los campos donde menos datos se reportan.

Limitaciones de la investigación

No se hace un metaanálisis para analizar estadísticamente los resultados reportados en las revisiones sistemáticas por lo que será una oportunidad de trabajo en investigaciones futuras.

Declaración de autoría

Alejandra Martínez-Morales: Conceptualización, metodología, investigación, redacción – borrador original, supervisión y administración del proyecto. John Jairo Briceño-Martínez Análisis formal y redacción – revisión y edición.

Referencias bibliográficas

- Abi-El-Mona, I. y Abd-El-Khalick, F. (2011). Perceptions of the nature and “goodness” of argument among college students, science teachers, and scientists. *International Journal of Science Education*, 33(4), 573–605. <https://doi.org/10.1080/09500691003677889>
- Adúriz-Bravo, A. (2014). Revisiting school scientific argumentation from the perspective of the history and philosophy of science. En M. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp.1443–1472). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_45
- Álvarez García, L. M. y García Martínez, Á. (2023). Modelos de argumentación aplicados en la enseñanza de las ciencias: una revisión sistemática. *Papeles: Revista de la Facultad de Educación Universidad Antonio Nariño*, 15(29), 14–24. <https://doi.org/10.54104/papeles.v15n29.1424>
- Amiruddin, M., Sari, E., Paramita, U., Suliyannah, S. y Admoko, S. (2023). The contribution of Toulmin's Argumentation Patterns In Physics Learning In Indonesia: Literature Review. *Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA*, 14(1), 93–106. <https://doi.org/10.26418/jpmipa.v14i1.55338>
- Anderson Quarderer, N. y McDermott, M. A. (2020). Examining science teacher reflections on argument-based inquiry through a critical discourse lens. *Research in Science Education*, 50, 2483–2504. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9790-z>
- Archila, P. A. (2016). ¿Cómo formar profesores de ciencias que promuevan la argumentación?: Lo que sugieren avances actuales de investigación. *Profesorado*, 20(3), 399–432. <https://www.redalyc.org/pdf/567/56749100009.pdf>
- Bağ, H. y Çalik, M. (2017). A thematic review of argumentation studies at the K-8 level. *Eğitim ve Bilim*, 42(190), 281–303. <https://doi.org/10.15390/EB.2017.6845>
- Benarroch Benarroch, A., Briceño-Martínez, J.-J. y Bernal-Ballen, A. (2024). Analysis of Conceptions and Beliefs, Argumentative Teaching Practices, and Reflection of University Teachers': A Case Study on Teachers' Professional Development. *Sage Open*, 14(3). <https://doi.org/10.1177/21582440241281352>

- Benarroch Benarroch, A. y Briceño Martínez, J. J. (2023). How university professors foster argumentation in their teaching processes and how their students respond. A case study. *Teacher Development*, 27(4), 506–524. <https://doi.org/10.1080/13664530.2023.2223186>
- Boğar, Y. (2019). Synthesis Study on Argumentation in Science Education. *International Education Studies*, 12(9), 1–14. h
- Briceño-Martínez, J. J. (2013). *La argumentación y la reflexión en los procesos de mejora de los profesores universitarios colombianos de ciencia en activo: aplicación de estrategias formativas sobre ciencia, aprendizaje y enseñanza* [Tesis Doctoral]. Universidad de Granada. <http://hdl.handle.net/10481/31717>
- Briceño-Martínez, J. J. (2017). Obstáculos y mejoras de un profesor universitario de ciencia para conseguir una participación argumentativa de sus estudiantes. *Revista Científica*, 29(2), 195–203. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2017.29.a7>
- Bricker, L. A. y Bell, P. (2008). Conceptualizations of argumentation from science studies and the learning sciences and their implications for the practices of science education. *Science Education*, 92(3), 473–498. <https://doi.org/10.1002/sce.20278>
- Calderón, M., Silva, M., Villavicencio, M. C., Larrain, A., Ramos, M. C., Tapia, H., Sánchez, Á., Moreno, C. y Morán, C. (2020). Trayectorias de desarrollo profesional docente para un uso pedagógico de la argumentación a partir del uso de soportes curriculares digitales. *Perfiles Educativos*, 42(169), 88–105. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2020.169.59245>
- Cavlazoglu, B. y Stuessy, C. (2018). Examining Science Teachers' Argumentation in a Teacher Workshop on Earthquake Engineering. *Journal of Science Education and Technology*, 27(4), 348–361. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9728-2>
- Çetinkaya, E. y Tasar, F. (2017). Fen Bilimleri Eğitimi Alanında Türkiye Merkezli Argümantasyon Araştırmalarının Çeşitli Değişkenler Açısından İncelenmesi. *Hacettepe University Journal of Education*, 33(2), 353–381. <https://doi.org/10.16986/huje.2017030625>
- Chávez Vescance, J. D. y Caicedo Tamayo, A. M. (2014). TIC y argumentación: Análisis de tareas propuestas por docentes universitarios. *Estudios Pedagógicos*, 40(2), 83–100. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=173537100005>
- Chen, Y. C., Benus, M. J. y Hernandez, J. (2019). Managing uncertainty in scientific argumentation. *Science Education*, 103(5), 1235–1276. <https://doi.org/10.1002/sce.21527>
- Chen, Y. C., Hand, B. y Norton-Meier, L. (2017). Teacher Roles of Questioning in Early Elementary Science Classrooms: A Framework Promoting Student Cognitive Complexities in Argumentation. *Research in Science Education*, 47, 373–405. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9506-6>
- Choi, A., Klein, V. y Hershberger, S. (2015). Success, difficulty, and instructional strategy to enact an argument-based inquiry approach: Experiences of elementary teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(5), 991–1011. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9525-1>
- Choi, A., Seung, E., y Kim, D. E. (2021). Science Teachers' Views of Argument in Scientific Inquiry and Argument-Based Science Instruction. *Research in Science Education*, 51, 251–268. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-9861-9>

- Chowning, J. T. (2022). Science teachers in research labs: Expanding conceptions of social dialogic dimensions of scientific argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(8), 1388–1415. <https://doi.org/10.1002/tea.21760>
- Christodoulou, A., y Osborne, J. (2014). The science classroom as a site of epistemic talk: A case study of a teacher's attempts to teach science based on argument. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(10), 1275–1300. <https://doi.org/10.1002/tea.21166>
- Çoban, G. Ü., Akpınar, E., Baran, B., Sağlam, M. K., Özcan, E., y Kahyaoğlu, Y. (2016). The evaluation of “Technological pedagogical content knowledge based argumentation practices” training for science teachers. *Eğitim ve Bilim*, 41(188), 1–33. <https://doi.org/10.15390/EB.2016.6615>
- Costa, S. L. R., y Broietti, F. C. D. (2021). Scientific practices in science education: a systematic review of research characteristics and trends. *Ensino y Pesquisa*, 19(3), 203–219. <https://doi.org/10.33871/23594381.2021.19.3.203-219>
- Crippen, K. J. (2012). Argument as Professional Development: Impacting Teacher Knowledge and Beliefs About Science. *Journal of Science Teacher Education*, 23(8), 847–866. <https://doi.org/10.1007/s10972-012-9282-3>
- De Cajén, S. G., y Castiñeras, J. M. D. (2020). Uso de pruebas en la argumentación de profesorado de física, cuando resuelven un problema real. *Revista Enseñanza de La Física*, 32(Extra), 143–151. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/30987>
- De la Riva Lara, M. J. (2017). De la explicación a la argumentación, y los obstáculos del diálogo docente. *Enseñanza de las Ciencias, Extraordinario*, 613–618. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/334631>
- Drits-Esser, D., Hardcastle, J., Bass, K. M., Homburger, S., Malone, M., Pompei, K., Deboer, G. E., y Stark, L. A. (2021). Randomized controlled trial of a cohesive eight-week evolution unit that incorporates molecular genetics and principles of the next generation science standards. *CBE Life Sciences Education*, 20(3), 1–14. <https://doi.org/10.1187/cbe.20-01-0008>
- Duschl, R. A., y Osborne, J. (2002). Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. *Studies in Science Education*, 38(1), 39–72. <https://doi.org/10.1080/03057260208560187>
- Erduran, S., y Jimenez-Aleixandre, M. P. (2007). *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6670-2>
- Erduran, S., Ozdem, Y., y Park, J. Y. (2015). Research trends on argumentation in science education: a journal content analysis from 1998–2014. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0020-1>
- Fagúndez Zambrano, T., y Castells Llavanera, M. (2012). La argumentación en clases universitarias de física: una perspectiva retórica. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 30(2), 153–174. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/254508>
- Faize, F. A., Husain, W., y Nisar, F. (2017). A critical review of scientific argumentation in science education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(1), 475–483. <https://doi.org/10.12973/ejmste/80353>

- Fakhriyah, F., Rusilowati, A., Wiyanto, W., y Susilaningsih, E. (2021). Argument-Driven Inquiry Learning Model: A Systematic Review. *International Journal of Research in Education and Science*, 7(3), 767–784. <https://doi.org/10.46328/ijres.2001>
- Felton, M., Levin, D. M., De La Paz, S., y Butler, C. (2022). Scientific argumentation and responsive teaching: Using dialog to teach science in three middle-school classrooms. *Science Education*, 106(6), 1354–1374. <https://doi.org/10.1002/sce.21740>
- Fishman, E. J., Borko, H., Osborne, J., Gomez, F., Rafanelli, S., Reigh, E., Tseng, A., Million, S., y Berson, E. (2017). A practice-based professional development program to support scientific argumentation from evidence in the elementary classroom. *Journal of Science Teacher Education*, 28(3), 222–249. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2017.1302727>
- García, L., Condat, M. E., Occelli, M. y Valeiras, N. (2016). La dimensión argumentativa y tecnológica en la formación de docentes de ciencias. *Ciência y Educação (Bauru)*, 22(4), 895–912. <https://doi.org/10.1590/1516-731320160040005>
- Gray, R., y Kang, N. H. (2014). The Structure of Scientific Arguments by Secondary Science Teachers: Comparison of experimental and historical science topics. *International Journal of Science Education*, 36(1), 46–65. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.715779>
- Gunnarsson, R., Hellquist, B., Strömdahl, H., y Zelic, D. (2018). Secondary school science teachers' arguments for the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(4), 503–525. <https://doi.org/10.1002/tea.21428>
- Habermas, J. (1987). *Teoría de la acción comunicativa. Volumen 1: Racionalidad de la acción y racionalización social*. Taurus.
- Hand, B. (Ed.). (2008). *Science inquiry, argument, and language: A case for the science writing heuristic*. Sense Publishers.
- Hand, B., Norton-Meier, L., Staker, J., y Bintz, J. (2009). *Negotiating Science: The Critical Role of Argument in Student Inquiry, Grades 5–10*. Heinemann.
- Hewson, M. G., y Ogunniyi, M. B. (2011). Argumentation-teaching as a method to introduce indigenous knowledge into science classrooms: Opportunities and challenges. *Cultural Studies of Science Education*, 6(3), 679–692. <https://doi.org/10.1007/s11422-010-9303-5>
- Holmqvist, M. O., y Olander, C. (2017). Analysing teachers' operations when teaching students: what constitutes scientific theories? *International Journal of Science Education*, 39(7), 840–862. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1310407>
- Jiménez-Aleixandre, M. P., y Díaz, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Investigación Didáctica*, 21(3), 359–370. <http://hdl.handle.net/10347/20698>
- Jiménez-Aleixandre, M. P., y Erduran, S. (2007). Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research. En S. Erduran y M. P. Jimenez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6670-2>
- Jung, D., y Nam, J. (2022). Exploring the Nature of Argumentation in Science Education. *Journal of the Korean Chemical Society*, 66(1), 50–60. <https://doi.org/10.5012/jkcs.2022.66.1.50>

- Kahraman, B., y Kaya, O. N. (2021). A thematic content analysis of rhetorical and dialectical argumentation studies in science education. *Elementary Education Online*, 20(1), 53–79. <https://doi.org/10.17051/ilkonline.2021.01.014>
- Katsh-Singer, R., McNeill, K. L., y Loper, S. (2016). Scientific Argumentation for All? Comparing Teacher Beliefs About Argumentation in High, Mid, and Low Socioeconomic Status Schools. *Science Education*, 100(3), 410–436. <https://doi.org/10.1002/sce.21214>
- Khine, M. S. (2011). Perspectives on scientific argumentation: Theory, practice and research. En M. S. Khine (Ed.), *Perspectives on Scientific Argumentation: Theory, Practice and Research*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2470-9>
- Kim, S., y Hand, B. (2015). An Analysis of Argumentation Discourse Patterns in Elementary Teachers' Science Classroom Discussions. *Journal of Science Teacher Education*, 26(3), 221–236. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9416-x>
- Knight-Bardsley, A., y McNeill, K. L. (2016). Teachers' Pedagogical Design Capacity for Scientific Argumentation. *Science Education*, 100(4), 645–672. <https://doi.org/10.1002/sce.21222>
- Kuki, A. D., Agustini, R., y Azizah, U. (2023). Analysis of Effectiveness Argument-Driven Inquiry to Improve Students' Argumentation Skill and Conceptual Understanding. *IJORER. International Journal of Recent Educational Research*, 4(3), 329–342. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v4i3.316>
- Kutluca, A. Y. (2021). An investigation of elementary teachers' pedagogical content knowledge for socioscientific argumentation: The effect of a learning and teaching experience. *Science Education*, 105(4), 743–775. <https://doi.org/10.1002/sce.21624>
- Larrain, A., Calderón, M., Gómez, M., Grez, J., Sánchez, G., Silva, M. y Castro, P. (2022). El pensamiento docente como práctica pedagógica: Un estudio en docentes de educación básica a propósito del uso pedagógico de la argumentación en ciencias. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 48(2), 57–79. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052022000200057>
- Larrain, A., Gómez, M., Calderón, M., Fortes, G., Ramírez, F., Guzmán, V. y Cofré, H. (2022). Descripción del conocimiento pedagógico del contenido de la argumentación en docentes que enseñan ciencias naturales en educación pública en Chile. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(1), 160201–160220. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1602
- Larraín, A., Moreno, C., Grau, V., Freire, P., Salvat, I., López, P. y Silva, M. (2017). Curriculum materials support teachers in the promotion of argumentation in science teaching: A case study. *Teaching and Teacher Education*, 67, 522–537. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.07.018>

- Lazarou, D. y Erduran, S. (2021). “Evaluate What I Was Taught, Not What You Expected Me to Know”: Evaluating Students’ Arguments Based on Science Teachers’ Adaptations to Toulmin’s Argument Pattern. *Journal of Science Teacher Education*, 32(3), 306–324. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1820663>
- Li, X., Wang, W. y Li, Y. (2022). Systematically reviewing the potential of scientific argumentation to promote multidimensional conceptual change in science education. *International Journal of Science Education*, 44(7), 1165–1185. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2070787>
- Lin, Y. R., Hung, C. Y. y Hung, J. F. (2017). Exploring teachers’ meta-strategic knowledge of science argumentation teaching with the repertory grid technique. *International Journal of Science Education*, 39(2), 105–134. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1270476>
- Liu, S. y Roehrig, G. (2019). Exploring Science Teachers’ Argumentation and Personal Epistemology About Global Climate Change. *Research in Science Education*, 49(1), 173–189. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9617-3>
- Loper, S., McNeill, K. L., González-Howard, M., Marco-Bujosa, L. M. y O’Dwyer, L. M. (2019). The impact of multimedia educative curriculum materials (MECMs) on teachers’ beliefs about scientific argumentation. *Technology, Pedagogy and Education*, 28(2), 173–190. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2019.1583121>
- McNeill, K. L., González-Howard, M., Katsh-Singer, R. y Loper, S. (2017). Moving Beyond Pseudoargumentation: Teachers’ Enactments of an Educative Science Curriculum Focused on Argumentation. *Science Education*, 101(3), 426–457. <https://doi.org/10.1002/sce.21274>
- McNeill, K. L., Katsh-Singer, R., González-Howard, M. y Loper, S. (2016). Factors impacting teachers’ argumentation instruction in their science classrooms. *International Journal of Science Education*, 38(12), 2026–2046. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1221547>
- McNeill, K. L. y Knight, A. M. (2013). Teachers’ pedagogical content knowledge of scientific argumentation: The impact of professional development on K-12 teachers. *Science Education*, 97(6), 936–972. <https://doi.org/10.1002/sce.21081>
- McNeill, K. L., Marco-Bujosa, L. M., González-Howard, M. y Loper, S. (2018). Teachers’ enactments of curriculum: Fidelity to Procedure versus Fidelity to Goal for scientific argumentation. *International Journal of Science Education*, 40(12), 1455–1475. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1482508>
- Mulyani, A., Hartono, H. y Subali, B. (2024). Literature Review: A Snapshot of Research on the Argumentation of Bibliometric Analysis in the Period 2015-2023. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, 12(2), 451–465. <https://doi.org/10.23947/2334-8496-2024-12-2-451-465>
- Nielsen, J. A. (2013). Dialectical Features of Students’ Argumentation: A Critical Review of Argumentation Studies in Science Education. *Research in Science Education*, 43(1), 371–393. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9266-x>
- Nussbaum, E. M., Sinatra, G. M. y Poliquin, A. (2008). Role of epistemic beliefs and scientific argumentation in science learning. *International Journal of Science Education*, 30(15), 1977–1999. <https://doi.org/10.1080/09500690701545919>

- Nussbaum, M., Tian, L., Van Winkle, M., Perera, H., Putney, L., Dove, I. y Carroll, K. (2020). Using the Critical Questions Model of Argumentation for Science Teacher Professional Learning and Student Outcomes. En M. Gresalfi y I. S. Horn (Eds.), *The Interdisciplinarity of the Learning Sciences, 14th International Conference of the Learning Sciences (ICLS) 2020, Volume 4* (pp. 1895–1902). International Society of the Learning Sciences. <https://doi.org/https://doi.org/10.22318/icls2020.1895>
- Obando, N. y Tamayo, O. (2021). Relaciones entre la argumentación y el razonamiento abductivo en el marco de la metacognición: una revisión sistemática (2010–2020). *Tecné, Episteme y Didaxis*, N° Extra, 1510–1515. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tea.20035>
- Olbrechts-Tyteca, C. y Perelman, C. (1989). *Tratado de la argumentación: la nueva retórica*. Gredos.
- Osborne, J. (2010). Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse. *Science*, 328(5977), 463–466. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1183944>
- Osborne, J. (2012). The role of argument: Learning how to learn in school science. En B. J. Fraser, K. Tobin y C. J. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education* (pp. 933–949). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_62
- Osborne, J., Erduran, S. y Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994–1020. <https://doi.org/10.1002/tea.20035>
- Osborne, J., Erduran, S., Simon, S. y Monk, M. (2001). Enhancing the quality of argument in school science. *School Science Review*, 82(301), 63–70. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1002/tea.20035>
- Ozdem-Yilmaz y., Cakiroglu, J., Ertepinar, H. y Erduran, S. (2017). The pedagogy of argumentation in science education: science teachers' instructional practices. *International Journal of Science Education*, 39(11), 1443–1464. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1336807>
- Plantin, C. (1998). *La argumentación*. Ariel.
- Peters-Burton, E. E., Goffena, J. y Stehle, S. M. (2022). Utility of a self-regulated learning microanalysis for assessing learning during professional development. *Journal of Experimental Education*, 90(3), 523–549. <https://doi.org/10.1080/00220973.2020.1799314>
- Pinochet, J. (2015). El modelo argumentativo de Toulmin y la educación en ciencias: una revisión argumentada. *Ciência y Educação (Bauru)*, 21(2), 307–327. <https://doi.org/10.1590/1516-731320150020004>
- Ramalloza, J. M., Funa, A. A., Geron, A. T., Ibardaloza, R. T. y Prudente, M. S. (2022). Meta-Analysis on the Effectiveness of Argument-Based Learning on Students' Conceptual Understanding. En *2022 13th International Conference on E-Education, E-Business, E-Management, and E-Learning (IC4E)* (pp. 315–323). <https://doi.org/10.1145/3514262.3514305>
- Ramos, W. F., Stipcich, S., Domínguez, A. y Mosquera Suárez, C. J. (2017). La formación en Argumentación de futuros profesores de Física: revisión de estudios actuales. *Revista Enseñanza de La Física*, 29(Extra), 121–128. <https://www.researchgate.net/publication/341056588>

- Rezende, F. y Castells, M. (2010). Interanimation of voices and argumentative strategies in collaborative knowledge building of Physics teachers in an asynchronous discussion group. *Revista Electrónica de Enseñanza de La Ciencias*, 9(2), 396–417.
http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART6_Vol9_N2.pdf
- Rinehart, R. W., Kuhn, M. y Milford, T. M. (2022). The relationship between epistemic cognition and dialogic feedback in elementary and middle school science classrooms. *Research in Science and Technological Education*, 40(3), 389–406.
<https://doi.org/10.1080/02635143.2020.1799779>
- Ruiz Ortega, F. J., Márquez Bargalló, C. y Tamayo Alzate, Ó. E. (2014). Teachers' change of conceptions on argumentation and its development in science class. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 53–70. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.985>
- Sampson, V. y Blanchard, M. R. (2012). Science teachers and scientific argumentation: Trends in views and practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(9), 1122–1148.
<https://doi.org/10.1002/tea.21037>
- Sampson, V. D. y Clark, D. B. (2008). Assessment of the ways students generate arguments in science education: Current perspectives and recommendations for future directions. *Science Education*, 92(3), 447–472. <https://doi.org/10.1002/sce.20276>
- Sampson, V., Grooms, J. y Walker, J. P. (2011). Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*, 95(2), 217–257. <https://doi.org/10.1002/sce.20421>
- Sandoval, W. y Millwood, K. (2007). What Can Argumentation Tell Us About Epistemology? En S. Erduran y M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science Education* (pp. 71–88). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6670-2_4
- Sari, I. J. y el Islami, R. A. Z. (2020). The Effectiveness of Scientific Argumentation Strategy towards the Various Learning Outcomes and Educational Levels Five Over the Years in Science Education. *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, 1(2), 52–57. <https://doi.org/10.46843/jiecr.v1i2.17>
- Saribas, D. (2023). Preschool Teachers' Argumentation on Socioscientific Issues Scenarios. *Science & Education*, 1–23. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00459-y>
- Sengul, O., Enderle, P. J. y Schwartz, R. S. (2021). Examining science teachers' enactment of argument-driven inquiry (ADI) instructional model. *International Journal of Science Education*, 43(8), 1273–1291. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1908641>
- Sengul, O., Enderle, P. J. y Schwartz, R. S. (2020). Science teachers' use of argumentation instructional model: linking PCK of argumentation, epistemological beliefs, and practice. *International Journal of Science Education*, 42(7), 1068–1086.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1748250>
- Setyaningsih, A. y Rahayu, S. (2023). Research trends on argumentation in science education from the year 2010 to 2020. En *AIP Conference Proceedings* (2569(1)). AIP Publishing.
<https://doi.org/10.1063/5.0113111>
- Shemwell, J. T., Gwarjanski, K. R., Capps, D. K., Avargil, S. y Meyer, J. L. (2015). Supporting Teachers to Attend to Generalisation in Science Classroom Argumentation. *International Journal of Science Education*, 37(4), 599–628.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2014.1000428>

- Simon, S., Davies, P. y Trevethan, J. (2012). Advancing teacher knowledge of effective argumentation pedagogy. *Progressão do conhecimento docente na pedagogia da argumentação efetiva. Educar Em Revista*, 44, 59–74. <https://doi.org/10.1590/S0104-40602012000200005>
- Simon, S., Erduran, S. y Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2–3), 235–260. <https://doi.org/10.1080/09500690500336957>
- Soysal, Y. (2015). A Critical Review: Connecting Nature of Science and Argumentation. *Science Education International*, 25, 501–521. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1086543.pdf>
- Soysal, Y. (2021). Talking science: Argument-based inquiry, teachers' talk moves, and students' critical thinking in the classroom. *Science & Education*, 30(1), 33–65. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00163-1>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reforms. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Tippett, C. (2009). Argumentation: The Language of Science. *Journal of Elementary Science Education*, 21(1), 17–25. <http://www.wiu.edu/jese/getissues.php#y2009>
- Toulmin, S. (2007). *Los usos de la argumentación*. Ediciones Península.
- Urdanivia Alarcon, D.A., Talavera-Mendoza, F., Rucano Paucar, F.H., Cayani Caceres, K.S. and Machaca Viza, R. (2023) Science and inquiry-based teaching and learning: a systematic review. *Frontier Education*. 8:1170487. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1170487>
- Vieira, R. D., De Medeiros Dias, H., De Melo, V. F. y Do Nascimento, S. S. (2016). Argumentation markers: Their emergence in the speech of physics teacher educators. *Science Education International*, 27, 489–508. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1131142.pdf>
- Walton, D. (1996). *Argumentation Schemes For Presumptive Reasoning*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203811160>
- Wang, J. y Buck, G. A. (2016). Understanding a High School Physics Teacher's Pedagogical Content Knowledge of Argumentation. *Journal of Science Teacher Education*, 27(5), 577–604. <https://doi.org/10.1007/s10972-016-9476-1>
- Weiss, K. A., McDermott, M. A. y Hand, B. (2022). Characterising immersive argument-based inquiry learning environments in school-based education: a systematic literature review. *Studies in Science Education*, 58(1), 15–47. <https://doi.org/10.1080/03057267.2021.1897931>
- Wess, R., Priemer, B. y Parchmann, I. (2023). Professional development programs to improve science teachers' skills in the facilitation of argumentation in science classroom—a systematic review. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 5(9), 1–22. <https://doi.org/10.1186/s43031-023-00076-3>
- Yildirim, N. (2022). Argumentation-Based Teaching in Science Education: Meta-Analysis. *Education Quarterly Reviews*, 5(2), 1–13. <https://doi.org/10.31014/aior.1993.05.02.483>
- Zaccarelli, F. G., Vendrasco, N. C. y Jofré, V. A. (2024). Discusiones y argumentación en la enseñanza de las ciencias: prácticas y desafíos docentes. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 42(2), 25–43. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5958>

- Zafrani, E. y Yarden, A. (2022). Dialog-constraining institutional logics and their interactional manifestation in the science classroom. *Science Education*, 106(1), 142–171.
<https://doi.org/10.1002/sce.21687>
- Zohar, A. y Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 39(1), 35–62.
<https://doi.org/10.1002/tea.10008>

Anexo 1. Tabla resultados por base de datos y fuentes secundarias.**Tabla Anexo 1.** Resultados por base de datos y fuentes secundarias

Base de Datos / Fuente Secundaria	<i>“Argumentation” AND “Science Education” o “Argumentación” AND “Enseñanza de las Ciencias”</i>	<i>“Argumentation in science” o “Argumentación en ciencias”</i>
WoS	204	51
Scopus	375	69
EBSCO	129	42
Eric	310	87
Jstor	394	81
Springer Link	2220	266
Tylor y Francis	1445	130
Dialnet	67	11
Scielo	37	6
Redalyc	2472	88
Google Académico (inglés)	1034	153
Google Académico (español)	157	2
	8844	986
Totales		9830

Anexo 2. Tabla clasificación de los artículos encontrados sobre argumentación.**Tabla Anexo 2.** Clasificación de los artículos sobre argumentación

Año	a) Argumentación sin especificar participantes	b) Argumentación en estudiantes	c) Argumentación en profesores en formación	d) Argumentación en profesores en activo
2010	8	35	4	1
2011	8	23	2	2
2012	8	33	3	5
2013	7	44	10	2
2014	5	41	12	4
2015	9	39	10	5
2016	4	49	13	7
2017	4	50	24	11
2018	4	48	6	4
2019	2	51	13	4
2020	3	64	16	7
2021	11	77	12	5
2022	8	39	10	8
2023	4	6	4	1
Total	85	599	139	66