



Desarrollo de un instrumento para evaluar las creencias sobre argumentación en el profesorado de ciencias

- Development of an Instrument to Assess Science Teachers' Beliefs about Argumentation
- Desenvolvimento de um instrumento para avaliar as crenças sobre argumentação de professores de ciências

Forma de citar este artículo







Martínez-Morales, A., Briceño-Martínez, J. J. y Ariza, Y. (2026). Desarrollo de un instrumento para evaluar las creencias sobre argumentación en el profesorado de ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (59), 151 - 170, <https://doi.org/10.17227/ted.num59-22099>

Resumen

La argumentación es un campo de estudio crucial y de relevancia actual, especialmente en lo que respecta a su evaluación, pues es un aspecto que sigue generando debate entre los académicos. Este artículo expone el proceso de diseño y de validación de un cuestionario escala Likert, propuesto para evaluar las creencias sobre la argumentación en profesores de ciencias. El desarrollo del cuestionario se basó en una exhaustiva revisión de la literatura y fue sometido a validación por expertos. En la fase de pilotaje, con la participación de 150 profesores de ciencias en activo, se obtuvo un alfa de Cronbach de 0.983 y un KMO de 0.974, lo que confirma la alta fiabilidad y la adecuada estructura del instrumento para su análisis factorial. El análisis factorial exploratorio reveló dos componentes principales: (a) la argumentación científica y su implementación tanto dentro como fuera del aula, y (b) la promoción y desarrollo de habilidades argumentativas. Finalmente, el análisis confirmatorio mostró un buen ajuste del modelo, lo que valida este cuestionario como una herramienta sólida y confiable para la investigación educativa en el ámbito de la argumentación científica y la formación docente.

Palabras clave

argumentación; diseño de pruebas; educación en ciencias; enseñanza de las ciencias; pensamiento crítico; profesores de ciencias; validez de pruebas

Alejandra Martínez-Morales*  
John Jairo Briceño-Martínez**  
Yefrin Ariza***  

* Candidata a Doctora en Educación, Universidad Antonio Nariño, Bogotá, Colombia. Docente de Aula, Secretaría de Educación Cundinamarca, Bogotá, Colombia. almartinez54@uan.edu.co

** Doctor en Tendencias y Aplicaciones de la Investigación Educativa, Universidad de Granada. Profesor de carrera, Facultad de Ciencias Humanas, Escuela de Educación, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Santander, Colombia. jjbrimar@uis.edu.co

*** Doctor en Epistemología e Historia de la Ciencia, Universidad Nacional de Tres de Febrero. Investigador Académico, Departamento de Didáctica, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, Chile. yefrin.ariza@uc.cl

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 29/08/2024
Fecha de aprobación: 01/12/2025
Fecha de publicación: 01/01/2026



Abstract

Argumentation remains a crucial and highly relevant field of study, particularly regarding its evaluation, an aspect that continues to spark debate among scholars. This article presents the design and validation process of a Likert scale-based questionnaire aimed at assessing beliefs about argumentation among science teachers. The development of the questionnaire was grounded in an extensive literature review and underwent expert validation. In a pilot phase involving 150 active science teachers, Cronbach's alpha of 0.983 and a KMO of 0.974 were obtained, confirming the high reliability and suitable structure of the instrument for factorial analysis. The exploratory factor analysis revealed two main components: (a) scientific argumentation and its implementation both inside and outside the classroom, and (b) the promotion and development of argumentative skills. Finally, the confirmatory analysis showed a good adjustment of the model, validating this questionnaire as a robust and reliable tool for teacher training and educational research in the field of scientific argumentation.

Keywords

argumentation; critical thinking; science education; science teachers; science teaching; test construction; test validity

Resumo

A argumentação continua sendo um campo de estudo crucial e de relevância atual, especialmente no que diz respeito à sua avaliação, um aspecto que segue gerando debate entre os acadêmicos. Este artigo expõe o processo de elaboração e validação de um questionário baseado em uma escala Likert, destinado a avaliar as crenças sobre a argumentação em professores de ciências. O desenvolvimento do questionário foi fundamentado em uma revisão exaustiva da literatura e foi submetido à validação por especialistas. Em uma fase piloto com a participação de 150 professores de ciências em exercício, obteve-se um alfa de Cronbach de 0.983 e um KMO de 0.974, o que confirma a alta confiabilidade e a estrutura adequada do instrumento para análise fatorial. A análise fatorial exploratória revelou dois componentes principais: (a) a argumentação científica e sua implementação tanto dentro quanto fora da sala de aula, e (b) a promoção e o desenvolvimento de habilidades argumentativas. Finalmente, a análise confirmatória mostrou um bom ajuste do modelo, validando este questionário como uma ferramenta sólida e confiável para a formação docente e a pesquisa educacional no campo da argumentação científica.

Palavras-chave

argumentação; elaboração de testes; educação em ciências; ensino de ciências; pensamento crítico; professores de ciências; validade de testes

Introducción

La argumentación científica es una competencia esencial que los estudiantes deben desarrollar en las clases de ciencias (Jiménez-Aleixandre y Erduran, 2007; Sampson *et al.*, 2011; Simon *et al.*, 2006). Sin embargo, para que esto sea posible, es fundamental que los profesores estén capacitados para promover las habilidades necesarias que permitan a sus estudiantes aprender a argumentar (Chen *et al.*, 2017; González-Howard y McNeill, 2019; Simonneaux, 2007; Simon *et al.*, 2006; Zohar, 2007). Idealmente, los maestros no solo fomentan la argumentación en sus aulas, sino que también conocen las mejores maneras de evaluarla. Existen diferentes formas de hacerlo —como aquellas que examinan la estructura de la argumentación—, pero el inconveniente de recopilar datos cualitativos para este análisis es que evaluar el desarrollo argumentativo de toda una clase requiere invariablemente un esfuerzo considerable (Sa-Ibraim, 2018; Katsh-Singer, 2016; Lyu, 2019).

Para abordar esta cuestión, en este trabajo se realizó una revisión de la literatura con el fin de identificar otros instrumentos destinados a evaluar los procesos de argumentación. Posteriormente, se desarrolló una nueva herramienta de escala Likert que pretende evaluar no solo la forma de la argumentación, sino también las estrategias para su promoción dentro y fuera del aula. Finalmente, se llevó a cabo su validación (V de Aiken, análisis factorial exploratorio y confirmatorio) para facilitar y verificar que las dimensiones teóricas propuestas por el instrumento estén cubiertas, al tiempo que se confirma la validez y fiabilidad de la herramienta y se asegura que abarque adecuadamente dichas dimensiones y que su estructura sea estable y consistente.

Objetivo general

Diseñar y validar un instrumento que permita evaluar las creencias de los profesores de ciencias sobre la argumentación científica, mediante la clasificación de estructuras argumentativas, así como por las estrategias y acciones que aplican en el aula para el desarrollo de las habilidades argumentativas de los estudiantes.

Pregunta de investigación

¿Cómo pueden evaluarse las creencias de los profesores de ciencias en relación con la argumentación científica, considerando tanto su capacidad para distinguir la estructura de la argumentación como las estrategias o acciones que emplean para fomentar el desarrollo de habilidades argumentativas en sus estudiantes?

Principales antecedentes

Se han identificado varios instrumentos, en particular aquellos enfocados en medir las creencias sobre la argumentación, como los desarrollados por Lourenço (2013), Katsh-Singer (2016), Lyu (2019), Berhe (2014), García *et al.* (2016), Özdem (2014), Sengul (2018), Sa-Ibraim (2018), Choi *et al.* (2021) y Kutluca (2021). De manera similar, algunos estudios han destacado la implementación de cuestionarios para evaluar tanto la estructura de la argumentación como las estrategias para mejorarla promovidas por los docentes en el aula, entre los que sobresalen los trabajos de Ruiz-Ortega *et al.* (2017), Frey *et al.* (2015) y McNeill *et al.* (2016). Sin embargo, aún falta un instrumento que evalúe no solo la estructura de la argumentación científica, sino también la promoción y el desarrollo de habilidades argumentativas en el aula de manera sólida y comprensible.

Marco conceptual: ¿qué se debe considerar al evaluar la argumentación del profesorado de ciencias?

Existen diversas formas de entender la argumentación científica y su papel en la enseñanza (Erduran *et al.*, 2015; Faize *et al.*, 2018; Ramos *et al.*, 2017; Sampson y Blanchard, 2012; Soysal, 2015; Weiss *et al.*, 2021). Estas concepciones están directamente relacionadas con las metodologías aplicadas en el aula y con los resultados alcanzados (Choi *et al.*, 2021; García *et al.*, 2016; Hewson y Ogunniyi, 2011). Por ejemplo, los profesores que consideran la argumentación simplemente como una herramienta científica, sin diferenciarla de otros discursos, la limitan al uso docente para evitar errores en los estudiantes (Hewson y Ogunniyi, 2011; Vieira *et al.*, 2016; Wang y Buck, 2016). Otros restringen su implementación a contextos de laboratorio o de campo, dependiendo de los recursos disponibles (García *et al.*, 2016). Finalmente, quienes no reconocen la relación entre la argumentación y la investigación científica no la promueven entre sus estudiantes (Choi *et al.*, 2021).

Para el personal docente, es necesario evaluar si puede identificar la estructura argumentativa en el aula y diferenciarla de otros tipos de discurso (Choi *et al.*, 2021; García *et al.*, 2016; Hewson y Ogunniyi, 2011; Lin *et al.*, 2017). Por ejemplo, un diálogo no es argumentativo si no se fundamenta en evidencias o en modelos científicos actualizados (Ariza *et al.*, 2016). En cambio, la elaboración de explicaciones basadas en evidencia a partir de modelos científicos canónicos que los estudiantes negocian constituye una intervención argumentativa (Ariza, 2022; Jiménez-Aleixandre y Erduran, 2007; García *et al.*, 2016; Wang y Buck, 2016). Si los docentes consideran que una comprensión profunda de las ciencias no es necesaria, es muy probable que no incorporen la argumentación crítica en su enseñanza (Katsh-Singer, 2016).

Aunque los profesores suelen reconocer la importancia de la argumentación en el aprendizaje de las ciencias, sus prácticas no siempre lo reflejan (Katsh-Singer *et al.*, 2016; Sengul *et al.*, 2020). Las limitaciones para fomentar la argumentación pueden estar relacionadas con sus creencias sobre su rol, las características del contexto de enseñanza y su propio entendimiento de lo que implica una argumentación efectiva (Katsh-Singer *et al.*, 2016; Sampson y Blanchard, 2012; Sengul *et al.*, 2020; McNeill *et al.*, 2018). En este sentido, la evaluación de las creencias docentes sobre la argumentación se fundamenta en la relación entre lo que el profesorado concibe y comprende acerca de la naturaleza epistémica de la argumentación científica y la manera en que orienta su enseñanza en el aula.

Desde un plano teórico, se parte de la idea de que la argumentación no solo permite justificar afirmaciones basadas en evidencias, sino también comprender cómo se produce y valida el conocimiento científico (Jiménez-Aleixandre y Erduran, 2007; Erduran *et al.*, 2015; Nielsen, 2011). Esta perspectiva implica reconocer la argumentación como una práctica epistémica que integra elementos estructurales, discursivos y sociales, y que requiere del docente tanto

un dominio conceptual sobre la lógica del argumento como la capacidad pedagógica para crear condiciones de diálogo, indagación y reflexión crítica (Sampson y Blanchard, 2012; Katsh-Singer, 2016; Lyu, 2019; McNeill *et al.*, 2016).

Bajo estos supuestos se definen las dimensiones que orientan el instrumento, las cuales articulan el conocimiento teórico del profesor sobre la argumentación con las formas en que la promueve y evalúa en su práctica educativa (Briceño-Martínez, 2014).

Metodología

El estudio siguió un diseño instrumental orientado al desarrollo y validación de un cuestionario tipo Likert en tres fases. Primero, se realizó una revisión de la literatura para definir las dimensiones teóricas y elaborar los ítems iniciales. Luego, se efectuó una validación de contenido mediante el juicio de siete expertos doctores en didáctica de las ciencias y argumentación, aplicando el coeficiente V de Aiken para estimar claridad y relevancia. Finalmente, se llevó a cabo la validación de constructo con 150 docentes de ciencias en ejercicio de distintos niveles educativos en Colombia y Chile, mediante una aplicación virtual anónima y con consentimiento informado. Los análisis incluyeron el alfa de Cronbach y el índice KMO, además de los análisis factorial exploratorio y confirmatorio. Las decisiones sobre la versión final se sustentaron en los valores de V de Aiken, la consistencia interna y la coherencia teórica de los ítems, consolidando un instrumento válido y confiable.

Instrumentos para evaluar la argumentación científica

En la Tabla 1 se identifican los instrumentos hallados en la literatura y utilizados para evaluar

la argumentación en el contexto educativo, incluyendo pruebas, cuestionarios, entrevistas y escalas Likert. Se observa que los métodos más recurrentes son las entrevistas y los cuestionarios de preguntas abiertas, y en menor medida las pruebas de selección o de escala Likert. El enfoque cualitativo —más predominante en los instrumentos encontrados— permite una exploración más profunda de las creencias y conocimientos de los participantes sobre la argumentación, a diferencia de los instrumentos basados exclusivamente en preguntas de selección múltiple o escalas Likert; sin embargo, este enfoque hace más dispendiosa la evaluación de la argumentación. Özdem (2014) combina preguntas abiertas con selección múltiple, lo que añade un enfoque mixto al análisis. Otros instrumentos, como el *Test of Scientific Argumentation* de Frey *et al.* (2015) y la *PCK Assessment* de McNeill *et al.* (2016), están divididos en múltiples partes o secciones, lo que sugiere una evaluación por etapas o componentes específicos de la argumentación. Esto podría ofrecer una visión más detallada y matizada de las competencias argumentativas de los participantes.

Los instrumentos varían considerablemente en cuanto al número de ítems, que oscila entre 2 y 38. Los que presentan más ítems suelen desglosarse en partes o dimensiones, lo que sugiere un análisis más detallado y estructurado de las competencias argumentativas. Por ejemplo, el instrumento de Sa-Ibraim (2018) abarca 51 ítems distribuidos en tres fases diferentes, lo que indica un enfoque longitudinal y detallado para evaluar la evolución de las habilidades argumentativas; no obstante, podría resultar difícil de usar por el profesorado debido a su extensión.

La última columna de la tabla identifica los aspectos específicos de la argumentación evaluados en cada uno de los instrumentos listados, categorizados en tres áreas:

- Creencias sobre la argumentación (A): la mayoría de los instrumentos, como los de Lourenço (2013) y Katsh-Singer (2016), se enfocan en comprender cómo los profesores perciben la importancia de la argumentación en la enseñanza. Las escalas Likert y las entrevistas son comunes para cuantificar y explorar estas creencias.
- Estrategias para fomentar la argumentación (B): otros instrumentos, incluidos los de McNeill *et al.* (2016) y Ruiz-Ortega *et al.* (2014), evalúan cómo los profesores implementan actividades argumentativas en el aula. Estos instrumentos ofrecen una visión integral que vincula creencias y prácticas pedagógicas.
- Forma de argumentar (C): algunos instrumentos, como el *Argument Test* de Sampson y Clark (2006), se centran en analizar la calidad de los argumentos utilizados por profesores y estudiantes. Aunque menos comunes, son cruciales para evaluar la efectividad de la enseñanza argumentativa.

Tabla 1.
Instrumentos para evaluar las diferentes dimensiones de la argumentación científica

N.º	Instrumento	Autores	Tipo	Ítems	¿Qué se evalúa?
1	<i>Argument Test</i>	Sampson y Clark (2006)	Ranking de argumentos o contrargumentos	6 (2 partes de 3 preguntas c/u)	C
2	SNE	Lourenço (2013)	Entrevista con preguntas abiertas	33 (9 partes)	A, B.
3	SNE	Özdem (2014)	Entrevista con preguntas abiertas y de selección	Inicial 5 Final 10	A, C.
4	Cuestionario LCAI	Berhe (2014)	Cuestionario de preguntas abiertas.	8	A, B.
5	SNE		Entrevista	20	A, B.
6	SNE	Ruiz-Ortega <i>et al.</i> (2014)	Cuestionario de preguntas abiertas	6	A, B, C.
7	<i>Test of Scientific Argumentation</i>	Frey <i>et al.</i> (2015)	Prueba de selección	36 (6 partes)	C
8	PCK Assessment	McNeill <i>et al.</i> (2016)	Prueba de selección múltiple única respuesta	17 (4 partes)	A, B, C.
9	SNE	García <i>et al.</i> (2016)	Cuestionario de selección o preguntas abiertas y entrevista	2 - 4	A
10	SNE	Katsh-Singer (2016)	Escala Likert 4 puntos	30 (3 partes)	A, B.
11	SNE		Cuestionario y Entrevista de Preguntas Abiertas	26	A, B.
12	SNE	Sengul (2018)	Cuestionario de preguntas abiertas	19	A
13	SNE		Entrevistas	38	A, B.
14	SNE	Sa-Ibraim (2018).	Entrevista	Inicial 11 Seguimiento 7 Final 33 (3 partes)	A, B.

N.º	Instrumento	Autores	Tipo	Ítems	¿Qué se evalúa?
15	Encuesta SEVS		Escala Likert 5 puntos	19 (5 partes)	A
16	SNE	Lyu (2019).	Entrevista semiestructurada	5	A
17	SNE		Escala Likert 5 puntos	5 (pretest) 10 (post test)	A
18	SNE	Choi <i>et al.</i> (2021)	Cuestionario preguntas abiertas	7	A, B.
19	SNE	Kutluca (2021)	Entrevista	23 (2 partes)	A, B.

Nota: SNE: Sin nombre específico. LCAI: Learner-Centred Argumentation Instruction. SEVS: Assessing Scientific Epistemological Views.

Fuente: elaboración propia.

Diseño del instrumento

Uno de los objetivos de la investigación fue asegurar que el instrumento fuera fácil de usar para los profesores y que, además, presentara una integralidad basada en la selección de los mejores ítems de trabajos previos, con el fin de crear una versión más amplia y completa para la evaluación de la argumentación. Para ello, se diseñó un cuestionario de escala Likert con 22 ítems, adaptados principalmente de los instrumentos propuestos por Katsh-Singer (2016) y Lyu (2019), y complementados según las dimensiones conceptuales identificadas y los instrumentos existentes que las abordan (Tabla 2). Los ítems se organizan en dos dimensiones: 1) la estructura de la argumentación científica, tanto dentro como fuera del aula (ARES), y 2) el fomento de la argumentación y el desarrollo de habilidades argumentativas (FOAR).

La argumentación científica y su estructura para trabajarse dentro y fuera del aula (ARES)

Esta dimensión tiene como objetivo esclarecer lo que piensan los profesores sobre la argumentación científica, incluyendo cómo se estructura, cómo funciona para construir conocimiento y cómo se integra en la enseñanza de

la ciencia (Sampson *et al.*, 2011; Simon *et al.*, 2006). Resalta la necesidad de integrar actividades como experimentos, debates, proyectos y simulaciones, que permiten tanto la construcción de argumentos como la comprensión del proceso mediante el cual se produce y valida el conocimiento científico. Estas actividades pueden incluir la exploración de fenómenos, la formulación de afirmaciones y su defensa con datos, y representan prácticas auténticas de la ciencia (Adúriz-Bravo, 2014; Božar, 2019). Las herramientas educativas que sirven para evaluar este proceso se centran en la modelización de los componentes estructurales de la argumentación científica (por ejemplo, qué es una afirmación, el papel de la evidencia para respaldarla, la elaboración de refutaciones, etc.), los cuales están interrelacionados en la construcción del conocimiento científico (Bağ y Çalik, 2017; Erduran *et al.*, 2015; Faize *et al.*, 2018; Katsh-Singer, 2016; Lyu, 2019; Nielsen, 2011; Weiss *et al.*, 2021).

Fomento de la argumentación y desarrollo de habilidades argumentativas (FOAR)

Esta dimensión identifica los enfoques para promover la argumentación y desarrollar la capacidad argumentativa de los estudiantes.

Destaca la necesidad de un aula inclusiva, la colaboración, la valoración de la diversidad de perspectivas y la apertura a la incertidumbre (Boğar, 2019; Faize *et al.*, 2018). También enfatiza la responsabilidad del educador de ofrecer críticas positivas, fomentar la autoevaluación y cultivar habilidades de razonamiento analítico y toma de decisiones basadas en evidencia. Este enfoque permite a los estudiantes desarrollar habilidades útiles que pueden aplicar más allá del aula en contextos de la vida real (Katsh-Singer, 2016; Lyu, 2019; McNeill *et al.*, 2016, 2018; Sampson y Blanchard, 2012).

Tabla 2.

Descripción de la fuente de los ítems del instrumento

Dimensión	Ítems	Autores/instrumentos	Traducción, adaptación o justificación
ARES	1, 2, 3, 4, 6, 8, 11, 12, 14.	Katsh-Singer (2016)	Se tradujeron los ítems y se adaptaron para trabajar en español
	10	Lyu (2019)	Se tradujeron los ítems y se adaptaron para trabajar en español
	5, 7, 9, 13.	Ítems nuevos	Estos ítems se proponen para identificar la estructura de la argumentación que los profesores consideran pertinentes para promover en el aula.
FOAR	19, 20, 22.	Katsh-Singer (2016)	Se tradujeron los ítems y se adaptaron para trabajar en español
	16	Lyu (2019)	Se tradujeron los ítems y se adaptaron para trabajar en español
	15, 17, 18, 21.	Ítems nuevos	Estos ítems se proponen para identificar el tipo de estrategias que los profesores consideran pertinentes para promover la argumentación en el aula.

Fuente: elaboración propia.

Validación de contenido

El instrumento fue validado por expertos, quienes recibieron una matriz con las intenciones del cuestionario, su construcción y las instrucciones de validación. La matriz incluía espacios para observaciones sobre cada ítem, dimensión e instrumento. Se evaluaron tres aspectos: claridad del lenguaje y relevancia práctica y teórica, en una escala de 1 a 5. La consistencia entre jueces se analizó mediante la mediana, la desviación estándar y el coeficiente V de Aiken, que determina la idoneidad de los ítems. Este coeficiente, que varía entre 0 y 1, sugiere modificaciones o eliminaciones si un ítem presenta un valor medio inferior a 3,2 en más de un criterio, un V de Aiken menor a 0,75 o si las observaciones cualitativas indican cambios necesarios (Aiken, 1980, 1985; Benarroch *et al.*, 2021).

Participantes de la validación de contenido

Los expertos cuentan con un perfil académico sólido; todos tienen grado de doctor y son egresados de programas como el Doctorado en Educación y el de

Didáctica de las Ciencias Experimentales y Humanidades. Además, poseen una amplia trayectoria en investigación en Didáctica de las Ciencias, argumentación y Enseñanza de las Ciencias. En este proceso participaron siete expertos de diferentes países que trabajan en universidades de prestigio. La evaluación se realizó en línea y los participantes fueron contactados por correo electrónico.

Validez de constructo

Se utilizó el coeficiente de Kaiser-Meyer-Olkin para determinar la adecuación de los datos al análisis factorial. También se calculó el coeficiente alfa de Cronbach para evaluar la consistencia interna del instrumento. Además, se realizaron análisis factorial exploratorio y confirmatorio con el fin de examinar la estructura subyacente del instrumento y confirmar su validez de constructo.

Participantes piloto para validez de constructo y análisis factoriales

El instrumento se aplicó a una muestra de 150 profesores de ciencias naturales en ejercicio, provenientes de distintos niveles educativos (básica, secundaria y universitario) en Colombia y Chile. La muestra era mayoritariamente femenina (62,7 %) y estaba integrada en su mayoría por personas entre 25 y 44 años (72,7 %). Además, la mayor parte de los participantes contaba con formación de posgrado

(46 % con maestría y 34,7 % con licenciatura) y más de seis años de experiencia (66,7 %). El instrumento se administró de manera virtual, presentando las afirmaciones en orden aleatorio y sin relacionarlas explícitamente con las dimensiones correspondientes. También se garantizó que todos los participantes otorgaran su consentimiento informado antes de participar.

Para asegurar la reproducibilidad y la aplicación práctica del estudio, se adjunta como Anexo 1 el instrumento completo utilizado en la investigación, en su versión final de 22 ítems. Este anexo permite consultar la redacción exacta de los ítems, las escalas de respuesta y la organización del cuestionario según las dimensiones teóricas validadas.

Resultados y análisis

Análisis de validez de contenido

El criterio con mejores resultados fue la claridad del lenguaje (media $[M] = 4,18$; desviación estándar $[DE] = 1,23$; V de Aiken $[V] = 0,8$). El criterio con menores resultados fue la relevancia teórica ($M = 3,97$; $DE = 1,15$; V de Aiken = $0,74$). La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos en la evaluación realizada por siete expertos. Cada ítem fue analizado individualmente con base en los hallazgos de claridad, relevancia práctica y teórica, así como en las evaluaciones cualitativas generadas por los expertos.

Tabla 3.
 Resultados evaluación de expertos

Ítem	Claridad del Lenguaje			Relevancia Práctica			Relevancia Teórica		
	M	DE	V	M	DE	V	M	DE	V
1	4,29	1,25	0,82	4,14	1,07	0,79	4,29	0,95	0,82
2	3,17	1,72	0,54	3,17	1,6	0,54	2,83	1,72	0,46
3	4,57	,79	0,89	4,14	0,76	0,93	3,83	1,47	0,71
4	4,5	1,22	0,88	4,67	0,82	0,92	4,33	1,63	0,83
5	4,29	1,25	0,82	4,71	0,76	0,93	4,71	0,76	0,93
6	4,29	1,25	0,82	4,14	1,57	0,79	4,57	1,13	0,89
7	4,86	0,38	0,96	4,71	1,13	0,79	4,71	0,76	0,93
8	4,57	0,79	0,89	4,14	1,21	0,79	3,83	1,47	0,71
9	4,0	1,55	0,75	4,57	0,79	0,89	4,43	1,51	0,86
10	4	1,29	0,75	4,14	1,07	0,79	4	1,67	0,75
11	3,17	1,6	0,54	2,83	1,83	0,46	2,67	1,86	0,42
12	3,71	1,38	0,68	4,43	0,95	0,82	4,71	0,49	0,93
13	4,57	0,79	0,89	4,14	1,21	0,79	3,83	1,47	0,71
14	4,86	0,38	0,96	4,71	0,76	0,93	4,71	0,76	0,93
15	4,71	0,49	0,93	4,57	0,79	0,89	3,43	1,81	0,61
16	4,17	1,6	0,79	4,67	0,82	0,92	4	1,67	0,75
17	3,57	1,51	0,64	4,71	0,76	0,93	4,43	0,98	0,86
18	4,43	1,13	0,86	3,71	1,38	0,68	3,57	1,62	0,64
19	4,5	1,22	0,88	2,83	1,83	0,46	2,83	1,72	0,46
20	4,29	1,25	0,82	4,71	0,76	0,93	4,71	0,76	0,93
21	4,29	1,50	0,82	4,14	1,57	0,79	4,33	1,63	0,83
22	4,86	0,38	0,96	4,71	0,76	0,93	4,71	0,76	0,93

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 4 muestra, como ejemplo, las modificaciones realizadas al ítem 19. Este ítem obtuvo un valor promedio inferior a 0,61. A partir de los resultados obtenidos en los análisis cuantitativos y en la evaluación cualitativa de los pares para cada uno de los ítems, se procedió a realizar los ajustes correspondientes.

Tabla 4.
 Evaluación de expertos y cambios propuestos para el ítem 19

Ítem original: los profesores deben asegurarse de que los estudiantes se turnen durante las discusiones en el aula para que todos tengan la oportunidad de presentar sus ideas.

Evaluación cuantitativa

Claridad del lenguaje	Relevancia teórica	Relevancia práctica
M=4,5	M=2,83	M=2,83
DE=1,22	DE=1,83	DE=1,72
V=0,88	V=0,46	V=0,46

Evaluación Cualitativa

MEM: la argumentación no tiene que ver con que todos hablen o se expresen. Quizás haya estudiantes que no intervienen verbalmente en clase, pero que sí se comprometen con las actividades propuestas o que encuentran otras formas de expresión. Me parece que esto de reglar el uso de la palabra no da cuenta del rol que juegan los profesores en los procesos de argumentación científica en el aula.

ARC: el dominio de la argumentación no depende de las oportunidades que se tenga de participar. ¿Un niño tímido entonces no aprendería a hacerlo?

FJR: no lo veo claro cuando se habla de "se turnen", pues más allá de que se turnen, lo que se debe ofrecer es un espacio dialógico de participación.

Observaciones del ajuste: se ajusta a partir de las observaciones sobre el rol del profesor y las diferentes formas de expresión y participación de los estudiantes.

Ítem ajustado: los profesores tienen la responsabilidad de crear un entorno de aula seguro y alentador que promueva diferentes formas de participación de los estudiantes en debates y discusiones.

Fuente: elaboración propia.

Análisis de validez de constructo

Los resultados muestran una alta fiabilidad interna para el instrumento utilizado, con un coeficiente alfa de Cronbach de 0,983 y un alfa de Cronbach basado en elementos estandarizados de 0,984. Estos valores sugieren una consistencia interna excelente, lo que indica que los ítems están altamente correlacionados entre sí. En cuanto a los indicadores de idoneidad del análisis factorial, el valor de la medida Kaiser-Meyer-Olkin (κ_{MO}) de adecuación de muestreo fue de 0,974, lo que indica que los datos son altamente adecuados para realizar un análisis factorial. Un valor de κ_{MO} cercano a 1 sugiere que las relaciones entre las variables son lo suficientemente fuertes como para proceder con dicho análisis.

Además, la prueba de esfericidad de Bartlett arrojó un valor aproximado de 4077,839 para la estadística chi-cuadrado, con 231 grados de libertad y un valor de significancia de 0,000. Este resultado indica que existe una correlación significativa entre las variables y, por lo tanto, respalda la pertinencia de aplicar un análisis factorial. Tanto el alto valor de κ_{MO} como el resultado significativo de la prueba de Bartlett confirman la idoneidad de utilizar el análisis factorial para explorar la estructura de los datos y

comprender las relaciones entre las variables medidas por el instrumento.

Análisis factorial exploratorio

Los resultados de la matriz de componentes rotados (Tabla 5) indican la distribución de las variables medidas en dos factores. En el primer factor, relacionado con la "Argumentación científica y su estructura para trabajarse dentro y fuera del aula", los ítems presentan cargas factoriales altas y positivas. Esto sugiere que dichos ítems están fuertemente asociados entre sí y representan aspectos clave relacionados con la promoción de la argumentación en el contexto educativo. Por otro lado, en el segundo factor, relacionado con "cómo se fomenta la argumentación y se desarrollan habilidades argumentativas", los ítems también muestran cargas factoriales altas y positivas, lo que evidencia una asociación significativa entre ellos y su importancia en el desarrollo de habilidades argumentativas en los estudiantes.

En cuanto a la varianza total explicada, esta supera el 77,7 %, lo que confirma la adecuación de la estructura ARES-FOAR y la estabilidad de las dimensiones teóricas propuestas. El método de extracción utilizado fue el análisis de componentes principales, con una rotación Varimax y normalización Kaiser.

Tabla 5.
Matriz de componentes rotados

Código	Dimensiones e ítems	Factores	
		1	2
Dimensión 1. La argumentación científica y su estructura para trabajarse dentro o fuera del aula			
ARES01	La argumentación es una forma de promover la comprensión de los estudiantes sobre cómo trabajan los científicos.	0,786	
ARES02	La integración de herramientas de simulación y visualización proporciona a los estudiantes nuevas formas de representar fenómenos basado en datos.	0,784	
ARES03	Para construir argumentos es necesario que los estudiantes sean capaces de trabajar de manera colaborativa, compartiendo y escuchando diferentes perspectivas.	0,772	
ARES04	La argumentación favorece la integración de conocimientos de diversas áreas.	0,766	
ARES05	Dentro del proceso de argumentación el profesor es consciente de sus limitaciones e incertidumbres en el conocimiento y está dispuesto a admitir cuando no tiene todas las respuestas.	0,744	
ARES06	Los profesores deben proporcionar retroalimentación constructiva para mejorar las habilidades argumentativas de los estudiantes.	0,738	
ARES07	Los estudiantes deben desarrollar habilidades relacionadas con la argumentación para usarlas fuera del aula de clase.	0,723	
ARES08	La argumentación es una forma de desarrollar las habilidades de razonamiento y resolución de problemas de los estudiantes.	0,719	
ARES09	Evaluar y proporcionar retroalimentación constructiva sobre la calidad de los argumentos presentados por los estudiantes, son instancias fundamentales al momento de promover la argumentación.	0,715	
ARES10	La argumentación proporciona a los estudiantes el desarrollo de habilidades relacionadas con el análisis de información y la toma de decisiones.	0,712	
ARES11	Los estudiantes deben considerar múltiples afirmaciones científicas como parte del aprendizaje de la argumentación en ciencias.	0,700	
ARES12	Dentro de la argumentación el profesor es capaz de plantear problemas y promover su solución por parte de los estudiantes alentando el uso de datos para soportar las afirmaciones.	0,690	
ARES13	En la argumentación los profesores evalúan críticamente las afirmaciones científicas y las fuentes de información, alentando a los estudiantes a hacer lo mismo.	0,622	
ARES14	Para argumentar, los profesores organizan el proceso de razonamiento científico, mostrando cómo se llega a conclusiones basadas en pruebas o datos.	0,591	
Dimensión 2. ¿Cómo se fomenta la argumentación y se desarrollan habilidades argumentativas?			
FOAR01	El uso de experimentos en la enseñanza de las ciencias facilita que los estudiantes construyan argumentos para la comprensión de fenómenos científicos.		0,815
FOAR02	La implementación de debates en el aula promueve la argumentación, ya que los estudiantes tienen la oportunidad de exponer y defender sus ideas, utilizando pruebas científicas.		0,801

Código	Dimensiones e ítems	Factores	
		1	2
FOAR03	La implementación de proyectos de investigación científica en el aula brinda a los estudiantes la oportunidad de desarrollar habilidades de argumentación y presentar conclusiones respaldadas por pruebas o datos.		0,800
FOAR04	La creación de un ambiente de aula inclusivo y respetuoso favorece la argumentación al fomentar la participación de todos los estudiantes, el intercambio de ideas y perspectivas diversas.		0,798
FOAR05	Los profesores tienen la responsabilidad de favorecer un entorno de aula seguro y alentador que promueva diferentes formas de participación de los estudiantes en debates y discusiones.		0,733
FOAR06	La argumentación permite el desarrollo de habilidades lingüísticas (leer, escribir, escuchar y hablar) y cognitivo lingüísticas (justificar, analizar, predecir, etc.) de los estudiantes.		0,727
FOAR07	El profesor que sabe argumentar es capaz de participar de manera efectiva en debates, demostrando habilidades para presentar y defender sus argumentos de manera persuasiva y respetuosa.		0,717
FOAR08	Durante la argumentación, dos o más personas toman diferentes posturas sobre una situación e intentan persuadirse mutuamente usando afirmaciones, pruebas o datos y refutaciones.		0,566

Nota: Método de extracción: análisis de componentes principales. Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser. La rotación ha convergido en 3 iteraciones.

Fuente: elaboración propia.

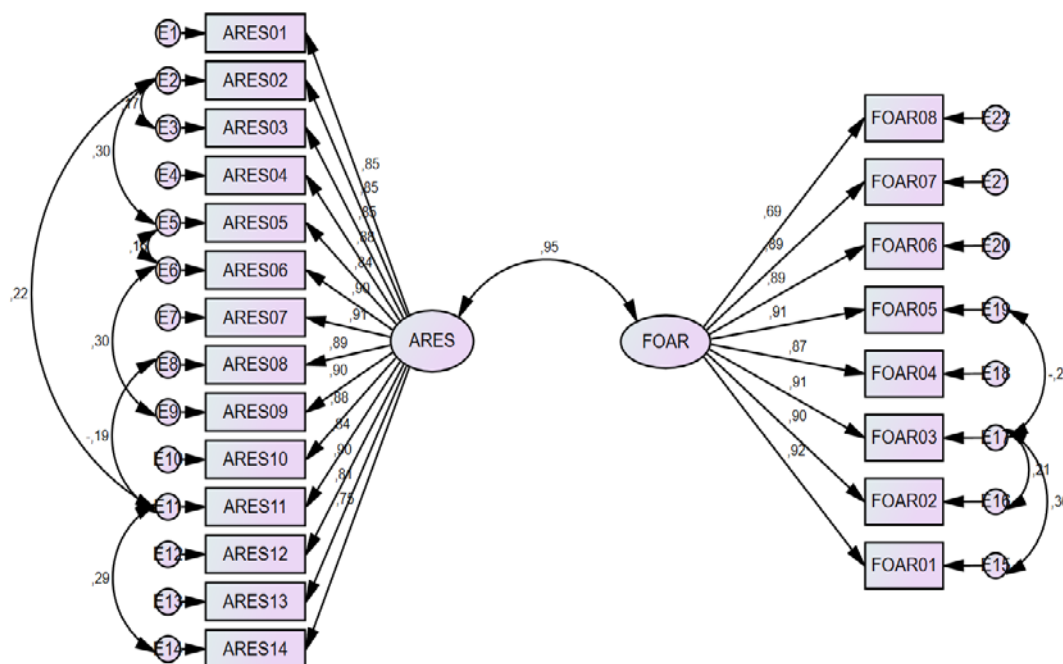
Análisis factorial confirmatorio

En el análisis factorial confirmatorio, los indicadores de ajuste del modelo fueron, en general, altos. El *Root Mean Square Error of Approximation* (RMSEA) fue de 0,47, lo que señala un ajuste moderado del modelo (Figura 1). Los índices de ajuste normativo, como el *Non-Normed Fit Index* (NFI = 0,939), el *Comparative Fit Index* (CFI = 0,984) y el *Tucker-Lewis Index* (TLI = 0,981), se ubicaron por encima de 0,9, lo que sugiere un buen ajuste. Además,

el valor de chi-cuadrado (χ^2) fue de 263,3, lo que indica que el modelo es estadísticamente significativo. No se suprimieron ítems durante el análisis confirmatorio; cualquier sugerencia de especificación fue descartada por carecer de sustento teórico explícito en el marco ARES-FOAR, preservando así la coherencia conceptual del instrumento. Estos resultados sugieren que el modelo propuesto (Figura 1) se ajusta adecuadamente a los datos recopilados y proporciona una representación válida de las relaciones entre las variables medidas.

Figura 1.

Modelo realizado con AMOS para el análisis factorial confirmatorio



Fuente: elaborado con AMOS.

En cuanto al análisis factorial confirmatorio (AFC), se observó que las variables latentes se reflejan de manera coherente en las variables observadas, en concordancia con la teoría de la argumentación científica (Figura 1). Todas las cargas factoriales estandarizadas superaron el valor de 0,60, lo que indica una relación sólida entre las variables latentes y los ítems asociados. En particular, el ítem ARES 07 —que señala que los estudiantes deben desarrollar habilidades argumentativas para aplicarlas fuera del aula— presentó la carga factorial más alta (0,91), por lo que resulta el indicador más representativo del constructo “Argumentación científica y su estructura para trabajarse dentro o fuera del aula”. Otros ítems (12, 9, 6) alcanzaron coeficientes de 0,90, y el último ítem (14) mostró cargas estandarizadas superiores a 0,75, lo que confirma que los 14 ítems representan adecuadamente el factor ARES.

En cuanto al factor FOAR —relacionado con cómo se fomenta la argumentación y se desarrollan habilidades argumentativas—, las variables observadas que mejor reflejan este factor son FOAR 01, con un coeficiente estandarizado de (0,92), FOAR 02 (0,90), FOAR 03 (0,91) y FOAR 05 (0,91). Los demás ítems presentan coeficientes superiores a 0,69, considerados también adecuados. En conjunto, los ocho ítems constituyen una representación sólida y coherente del constructo.

Creencias de los participantes en la prueba piloto

Los resultados del pilotaje del instrumento (Tabla 6) reflejan un consenso importante entre los profesores sobre la relevancia de la argumentación científica en el aula, con promedios que varían entre 4,03 y 4,35 en la dimensión ARES. Las bajas desviaciones estándar sugieren una concordancia generalizada respecto a la importancia de estas prácticas para promover la comprensión científica y el desarrollo de habilidades colaborativas y críticas.

En la dimensión FOAR, los promedios más altos, que oscilan entre 3,97 y 4,46, junto con desviaciones estándar ligeramente superiores, indican una variabilidad mayor en las percepciones sobre cómo se fomenta la

argumentación y se desarrollan habilidades argumentativas. En particular, el ítem 18, con un promedio de 4,46, destaca la importancia atribuida a la creación de un ambiente inclusivo en el aula, fundamental para facilitar la participación equitativa y el intercambio de perspectivas.

Por otro lado, el ítem 22, con el promedio más bajo (3,97) y una desviación estándar de 1,03, revela una diversidad de opiniones respecto a la comprensión y aplicación del proceso de argumentación. Este hallazgo sugiere que, aunque los docentes reconocen la importancia de la argumentación, existen diferencias en la efectividad con la que estas habilidades se enseñan y aplican en el aula. Esto señala la necesidad de brindar mayor apoyo y formación en esta área.

Tabla 6.

Resultados del instrumento con los participantes del piloto

Ítem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Media	4,13	4,04	4,17	4,21	4,08	4,32	4,29	4,23	4,25	4,23	4,07
Desviación	0,93	0,98	0,94	0,95	0,98	0,92	0,99	10,00	0,91	0,93	0,93
Ítem	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Media	4,21	4,35	4,03	4,43	4,42	4,41	4,46	4,46	4,45	4,39	3,97
Desviación	0,92	0,98	0,99	0,95	0,99	0,97	0,99	0,99	0,93	0,96	10,03

Fuente: elaboración propia.

Discusión y conclusiones

Evaluar la argumentación científica y su enseñanza es un desafío complejo. Por un lado, las investigaciones han intentado analizar cualitativamente los argumentos de los estudiantes en clase, lo cual resulta laborioso y exigente para los profesores (Özdem, 2014). Además, los hallazgos indican que la mayoría de los instrumentos existentes se centran en evaluar la estructura de la argumentación, lo que puede resultar complicado para los profesores que no son investigadores, debido a la complejidad

y al tiempo requerido para evaluar, por ejemplo, una clase con 40 estudiantes (McNeill et al., 2016). Por ello, los instrumentos basados en escalas Likert son útiles en una primera instancia para explorar las creencias de los profesores sobre la argumentación científica y pueden servir como guía para reflexionar sobre las prácticas en el aula durante la enseñanza de la argumentación (Katsh-Singer, 2016; Lyu, 2019).

El instrumento diseñado en este estudio se enfoca precisamente en estos aspectos, al integrar y adaptar los mejores ítems de los

cuestionarios de escala Likert, y ofrece a la comunidad académica una herramienta accesible y menos exigente de diligenciar. Este instrumento permite identificar, en una intervención didáctica, los ítems que requieren mayor atención antes y después de implementar actividades argumentativas en el aula.

El cuestionario diseñado y validado en este estudio demuestra ser una herramienta fiable y válida, con un alfa de Cronbach de 0,983 y un KMO de 0,974, lo que confirma su consistencia interna y su adecuación para el análisis factorial. Los análisis realizados revelan una estructura sólida que refleja las dimensiones clave de la argumentación científica en el aula, y proporciona una base robusta para futuras evaluaciones en el ámbito educativo.

El pilotaje del instrumento confirma la importancia de la argumentación en el aula como una herramienta esencial para mejorar la comprensión científica y fomentar un ambiente inclusivo para el intercambio de ideas. Los resultados subrayan la necesidad de evaluar y fortalecer las creencias y conocimientos sobre argumentación en los profesores de ciencias (Sa-lbraim, 2018; Katsh-Singer, 2016; Lyu, 2019).

Limitaciones y direcciones a futuro

Este estudio contribuye a la literatura al proporcionar un instrumento validado para evaluar las creencias sobre la argumentación en profesores de ciencias. El instrumento ofrece perspectivas que pueden ayudar a diseñar y mejorar la formación docente y el desarrollo profesional, así como a incentivar la investigación en educación en argumentación científica. No obstante, se requieren herramientas de evaluación más sofisticadas y personalizadas para las implementaciones de argumentación en diversos entornos de aprendizaje. Este estudio proporciona una base sólida sobre la cual se puede profundizar en la comprensión de las creencias de los docentes sobre la argumentación en el aula, lo que puede orientar futuras investigaciones y mejorar las prácticas pedagógicas en este ámbito.

Referencias

- 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. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_45
- Aiken, L. (1980). Content Validity and Reliability of Single Items or Questionnaires. *Educational and Psychological Measurement*, 40(4), 955-959. <https://doi.org/10.1177/001316448004000419>
- Aiken, L. (1985). Three Coefficients for Analyzing the Reliability and Validity of Ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45(1), 131-142. <https://doi.org/10.1177/0013164485451012>

- Ariza, Y., Lorenzano, P. y Adúriz-Bravo, A. (2016). Meta-theoretical Contributions to the Constitution of a model-based Didactics of Science. *Science & Education*, 25(7-8), 747-773. <https://dx.doi.org/10.1007/s11191-016-9845-3>
- Ariza, Y. (2022). La noción de “modelo teórico” en la enseñanza de la química: representación y función del sistema periódico. *Educación Química*, 33(4). 97-110 <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.4.0.81499>
- Bağ, H. y Çalik, M. (2017). A Thematic Review of Argumentation Studies at the K-8 Level. *Egitim ve Bilim*, 42(190), 281-303. <https://doi.org/10.15390/EB.2017.6845>
- Berhe, S. (2014). *The Effect of an argumentation-based Training Programme on pre-service Science Teachers' Ability to Implement a learner-centred Curriculum in Selected Eritrean Middle Schools* [Tesis de doctorado, University of the Western Cape]. <http://hdl.handle.net/11394/4317>
- Briceño-Martínez, J. (2014). *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 de doctorado, Universidad de Granada]. <http://hdl.handle.net/10481/31717>
- Benarroch, A., Rodríguez-Serrano, M. y Ramírez-Segado, A. (2021). New Water Culture Versus the Traditional Design and Validation of a Questionnaire to Discriminate between Both. *Sustainability*, 13(4), 2174. <https://doi.org/10.3390/su13042174>
- Boğar, Y. (2019). Synthesis Study on Argumentation in Science Education. *International Education Studies*, 12(9). <https://doi.org/10.5539/ies.v12n9p1>
- Chen, Y., 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., Seung, E. y Kim, D. (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>
- Erduran, S., Ozdem, Y. y Park, J. (2015). Research Trends on Argumentation in Science Education: A Journal Content Analysis from 1998-2014. *International Journal of STEM Education*, 2(5). <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0020-1>
- Faize, F., Husain, W. y Nisar, F. (2018). 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>
- Frey, B., Ellis, J., Bulgren, J., Craig-Hare, J. y Ault, M. (2015). Development of a Test of Scientific Argumentation. *Electronic Journal of Science Education*, 19(4), 1-18. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1188271.pdf>
- García, L., Condat, M., Occelli, M. y Valeiras, N. (2016). La dimensión argumentativa y tecnológica en la formación de docentes de ciencias. *Ciência & Educação*, 22(4), 895-912. <https://doi.org/10.1590/1516-731320160040005>
- González-Howard, M. y McNeill, K. (2019). Teachers' Framing of Argumentation Goals: Working Together to Develop Individual Versus Communal Understanding. *Journal*

of *Research in Science Teaching*, 56(6), 821-844. <https://doi.org/10.1002/tea.21530>

Hewson, M. y Ogunniyi, M. (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>

Jiménez-Aleixandre, M. y Erduran, S. (2007). Argumentation in Science Education: Perspectives from classroom-based Research. En S. Erduran y M. del P. Jiménez-Aleixandre (eds.), *Argumentation in Science Education: Perspectives from classroom-based Research* (pp. 3-27). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6670-2>

Katsh-Singer, R. (2016). *District Science Leaders: Beliefs and Pedagogical Content Knowledge for Scientific Argumentation* [Tesis de doctorado, Universidad de Boston]. <http://hdl.handle.net/2345/bc-ir:106720>

Kutluca, A. (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>

Lin, Y., Hung, C. y Hung, J. (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>

Lourenço, A. (2013). *Saberes docentes de argumentação: dinâmicas de desenvolvimento na formação inicial de professores de ciências* [Tesis de doctorado, USP, São Paulo]. <http://hdl.handle.net/11162/122740>

Lyu, X. (2019). *Assessing in-service Secondary Science Teachers' Views of Nature of Science and Competence in Understanding Scientific Argumentation about socio-scientific Issues* [Tesis de doctorado, Universidad de Columbia]. <https://doi.org/10.7916/d8-2srh-2823>

McNeill, K., González-Howard, M., Katsh-Singer, R. y Loper, S. (2016). Pedagogical Content Knowledge of Argumentation: Using Classroom Contexts to Assess high-quality PCK rather than Pseudoargumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(2), 261-290. <https://doi.org/10.1002/tea.21252>

McNeill, K., Marco-Bujosa, L., 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>

Nielsen, J. (2011). 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>
- Özdem, Y. (2014). *Science Teachers' Theory and Pedagogy of Argumentation in Science Education: Design, Implementation, and Evaluation of a Graduate Course through Educational Design Research* [Tesis de doctorado, Middle East Technical University]. <https://hdl.handle.net/11511/24220>
- Ramos, W., Stipcich, S., Domínguez, A. y Mosquera-Suárez, C. (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>
- Ruiz-Ortega, F., Márquez-Bargalló, C. y Tamayo-Alzate, Ó. (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>
- Sa-Ibraim, S. de (2018). *Caracterização de ações docentes favoráveis ao ensino de ciências envolvendo argumentação* [Tesis de doctorado, Universidad Federal de Minas Gerais]. <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-B4PKLM>
- Sampson, V. y Clark, D. (2006). *The Development and Validation of the Nature of Science as Argument Questionnaire (NSAAQ)* [Conference presentation]. Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), San Francisco, CA, United States.
- Sampson, V. y Blanchard, M. (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., Grooms, J. y Walker, J. (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>
- Sengul, O. (2018). Science Teachers Epistemological Beliefs, PCK of Argumentation, and Implementation: An Exploratory Study [Tesis de doctorado, Georgia State University]. <https://doi.org/10.57709/12058030>
- Sengul, O., Enderle, P. y Schwartz, R. (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>
- 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>
- Simonneaux, L. (2007). Argumentation in socio-scientific Contexts. En M. del P. Jiménez-Aleixandre y S. Erduran (eds.), *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research* (pp. 179-201). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6670-2_9
- 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>
- Vieira, R., De, H., Dias, M., Melo, F. de. y Sousa, S. (2016). Argumentation Markers: Their Emergence in the Speech of Physics Teacher Educators. *Science Education International*, 27(4), 489-508. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1131142.pdf>
- Wang, J. y Buck, G. (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., McDermott, M. y Hand, B. (2021). Characterizing 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>

Zohar, A. (2007). Science Teacher Education and Professional Development in Argumentation. En M. del P. Jimenez- Aleixandre y S. Erduran (ed.), *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research* (pp. 245-269). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6670-2_12