



Promover la construcción de explicaciones y argumentos científicos



¿En qué consiste la práctica de promover la construcción de explicaciones y argumentos científicos?

Promover la construcción de explicaciones y argumentos científicos es una práctica de enseñanza orientada a desarrollar en las y los estudiantes la capacidad de justificar afirmaciones sobre fenómenos naturales mediante el uso explícito de evidencias y razonamientos fundamentados. A diferencia de enfoques centrados en la transmisión de contenidos, esta práctica sitúa al estudiante como constructor activo de conocimiento: observa, analiza datos, formula afirmaciones y las defiende ante otros, sometiendo sus ideas al escrutinio colectivo. En este proceso, las y los estudiantes no solo aprenden ciencias, sino que aprenden a hacer ciencia, desarrollando simultáneamente comprensión conceptual, habilidades epistémicas y disposiciones para la participación crítica en una sociedad donde el conocimiento científico ocupa un lugar central en la toma de decisiones.

El punto de partida de esta práctica es una comprensión clara del propósito de la ciencia. La ciencia no se limita a observar y registrar lo que ocurre en el mundo: su propósito

fundamental es explicar los fenómenos, determinando cómo y por qué ocurren, así como las condiciones que los producen y las consecuencias que generan (McNeill & Krajcik, 2008; Ruiz et al., 2015). Cuando las y los científicos construyen afirmaciones sobre los fenómenos, no solo las enuncian: proveen evidencia y razones para justificarlas y convencer a otros de su validez. McNeill & Krajcik, 2008 plantea que para trasladar esta lógica al aula implica estructurar la argumentación en torno a tres componentes inseparables: la afirmación, que responde la pregunta original sobre el fenómeno; la evidencia, que apoya la afirmación con datos apropiados y suficientes; y el razonamiento, que vincula afirmación y evidencia mostrando por qué los datos cuentan como evidencia mediante la aplicación de principios científicos. Este marco permite a las y los estudiantes justificar sus ideas de manera rigurosa y sistemática, alejándose de la intuición o la autoridad como únicas fuentes de validación.

Ahora bien, la argumentación no es una técnica de comunicación añadida a la enseñanza de las ciencias: es una práctica epistémica central para construir conocimiento científico escolar. Ruiz et al., 2015 plantean que para promoverla los docentes requieren integrar tres dimensiones interrelacionadas: la dimensión epistemológica, que reconoce la crítica y la argumentación como acciones indispensables para construir conocimiento, no solo para comunicarlo; la dimensión conceptual, que entiende la argumentación como un proceso dialógico de justificación con criterios explícitos de evaluación; y la dimensión didáctica, que transforma la acción monológica del docente en una mediación que promueve espacios genuinos para desarrollar un lenguaje científico compartido y co-construir conocimiento. Esta integración tridimensional permite que la argumentación no sea una actividad puntual, sino una práctica que atraviesa transversalmente el aprendizaje de las ciencias.

Así, la argumentación y la modelización no son prácticas independientes en la enseñanza de las ciencias. Los argumentos proponen una manera de ver el mundo —una mirada teórica— que, por definición, pone en acción un modelo; de este modo, los argumentos científicos exponen las razones de la pertinencia de un modelo para explicar un fenómeno (Adúriz-Bravo, 2017). El objetivo de la argumentación científica no es convencer a otros del propio punto de vista, sino descubrir cuál de varias posibles explicaciones para una observación intrigante debería ser aceptada y cuál debería ser rechazada (Lawson, 2009, citado en Adúriz-Bravo, 2017). Esta articulación convierte ambas prácticas en herramientas complementarias e inseparables del pensamiento científico escolar.

La argumentación es fundamentalmente una actividad social que trasciende lo cognitivo individual (Ruiz et al., 2015). En ella, las y los estudiantes se involucran en procesos de interacción comunicativa que permiten desarrollar simultáneamente habilidades cognitivas, sociales y emocionales: las y los estudiantes califican sus usos del lenguaje, aprenden a escuchar y respetar perspectivas diferentes, gestionan desacuerdos constructivamente y construyen consensos colectivos (Ruiz et al., 2015).

La argumentación científica incorpora dos áreas de progresión complementarias en las y los estudiantes (Wegerif, 2008, citado en Wolfe & Alexander, 2008; Ruiz et al., 2015): la dialéctica, que implica una progresión racional hacia mejores explicaciones mediante la integración de tesis y antítesis; y la dialógica, que reconoce que el diálogo genuino no siempre conduce a una síntesis única, sino al entrelazamiento de perspectivas múltiples. En el aula, esto significa que, mientras se buscan explicaciones científicas más robustas, también se valora la diversidad de formas de razonar y llegar a conclusiones fundamentadas.

La investigación ha documentado de forma sistemática los beneficios que se derivan de involucrar a las y los estudiantes en la construcción de explicaciones y argumentos científicos. Elaborar un discurso argumentativo ayuda a desarrollar una comprensión más profunda del contenido científico, porque al construir explicaciones las y los estudiantes utilizan activamente principios científicos para dar sentido a distintos fenómenos (McNeill & Krajcik, 2008), ello exige relacionar y reorganizar conocimientos mediante un lenguaje claro, proceso que transforma profundamente el contenido y demuestra que el lenguaje es esencial para la construcción de aprendizaje (Revel Chion et al., 2014). Además, esta práctica puede transformar la visión que tienen de la ciencia misma: mediante la argumentación comprenden que el conocimiento científico se construye socialmente y que puede cambiar con el tiempo, superando la visión de la ciencia como un conjunto estático de hechos para memorizar (McNeill & Krajcik, 2008).

En este marco, la observación y los procesos indagatorios adquieren un nuevo significado: no son la base sobre la cual se construye la ciencia, sino herramientas al servicio de la construcción de conocimiento a través de la argumentación (Furman & Podestá, 2011; Couso, 2014). En el aula, parte de la tarea docente es enseñar a las y los estudiantes a generar consenso sobre la realidad: ponerse de acuerdo sobre lo que observan, cómo explicarlo y qué conclusiones extraen, con el objetivo no de que todos lleguen a la misma respuesta, sino de que aprendan a defender sus ideas con evidencias

y a evaluarlas críticamente (Furman & Podestá, 2011; Ruiz et al., 2015). Las propuestas de Indagación Basada en la Argumentación expresan esta lógica: promueven la participación en investigaciones científicas para construir explicaciones basadas en pruebas, reconociendo el discurso del aula como medio para negociar significado y hacer el pensamiento visible (Couso, 2014).

Para que todo esto sea posible, es indispensable construir una cultura de aula que sostenga la argumentación como práctica cotidiana. Esto requiere años de trabajo sostenido: los docentes deben promover sistemáticamente que las y los estudiantes hagan explícitos sus puntos de vista e intercambien ideas con otros, pidiéndoles que fundamenten lo que dicen (Furman & Podestá, 2011; Ruiz et al., 2015). Con el tiempo, los propios estudiantes comienzan a pedir razones entre sí, y la argumentación se vuelve parte natural del trabajo en el aula de ciencias, dejando de ser una técnica que el docente impone para convertirse en una norma que la comunidad de aprendizaje se da a sí misma (Furman & Podestá, 2011).

Esta construcción cultural requiere además considerar que la capacidad argumentativa sigue una progresión que debe ser planificada. En los primeros niveles, las y los estudiantes describen lo que observan, comunican sus interpretaciones basadas en experiencias previas y comienzan a distinguir entre ideas respaldadas por evidencia y las que no. Progresivamente, aprenden a contrastar predicciones con resultados, diferenciar opiniones de evidencia, construir explicaciones propias con datos y recibir respetuosamente críticas. En niveles intermedios, formulan hipótesis comprobables y construyen argumentos que respaldan o refutan explicaciones usando razonamiento científico y vocabulario disciplinar. Finalmente, evalúan argumentos competitivos considerando evidencia, limitaciones y cuestiones éticas, defienden afirmaciones integrando herramientas matemáticas y tecnológicas, y analizan críticamente implicancias científico-tecnológicas con plena autonomía (Ministerio de Educación de Chile 2015, 2018a, 2018b, 2019; NGSS Lead States, 2013).

Finalmente, la capacidad de argumentar científicamente trasciende el aula y constituye una competencia ciudadana esencial. Para ser ciudadanos alfabetizados científicamente, las y los estudiantes necesitan comprender y evaluar las explicaciones que aparecen en los medios de comunicación, determinar su credibilidad y validez; desarrollar la capacidad de tomar decisiones informadas (McNeill & Krajcik, 2008) y participar informadamente en debates sobre cuestiones científicas y tecnológicas que afectan

profundamente a la sociedad (OECD, 2023; Ruiz et al., 2015). Así, esta práctica es indispensable no solo para futuros científicos, sino para toda la ciudadanía. En este sentido, promover la argumentación en el aula de ciencias es, en última instancia, un acto de formación democrática.



Qué no es la práctica de promover la construcción de explicaciones y argumentos científicos

- Que las y los estudiantes memoricen definiciones de conceptos sin aplicarlos para explicar fenómenos. La argumentación científica requiere usar activamente el conocimiento para construir explicaciones, no solo recordarlo para reproducirlo en pruebas (McNeill & Krajcik, 2008; Ruiz et al., 2015). Tampoco equivale a escribir afirmaciones sin justificación: aunque es común que tiendan a formular afirmaciones sin proveer evidencia o razonamiento apropiados (McNeill & Krajcik, 2008), justificarlas mediante datos y principios científicos es precisamente lo que distingue la argumentación rigurosa de la mera opinión.
- Aceptar opiniones personales como evidencia válida. La evidencia debe ser datos científicos apropiados y suficientes, no preferencias o creencias sin sustento empírico (Furman & Podestá, 2011; McNeill & Krajcik, 2008), y los docentes deben ayudar a las y los estudiantes a distinguir entre opinión y argumento con base científica. Del mismo modo, la argumentación no equivale a presentar una única respuesta correcta sin considerar explicaciones alternativas: implica analizar datos donde pueden existir múltiples explicaciones posibles, evaluar fortalezas y debilidades de cada una, y descartar alternativas mostrando evidencia insuficiente o contraevidente (McNeill & Krajcik, 2008).
- Que las y los estudiantes simplemente describan lo observado sin conectarlo con principios científicos. El razonamiento debe vincular explícitamente la evidencia con la afirmación mediante la aplicación de principios científicos apropiados, no solo repetir lo observado (McNeill & Krajcik, 2008). Asimismo, no equivale a generar discusiones sin estructura donde todos opinan libremente sin fundamentación: la

argumentación científica requiere una cultura de aula donde sistemáticamente se solicita evidencia, se confrontan ideas con respeto y se evalúan críticamente los argumentos mediante criterios explícitos (Furman & Podestá, 2011; Ruiz et al., 2015).

- Limitar la argumentación a contextos académicos desconectados de la realidad. La argumentación debe aplicarse también a cuestiones sociales de la ciencia —debates sobre tecnologías, políticas ambientales o implicancias éticas de descubrimientos científicos— donde no se busca una única respuesta correcta sino evaluar argumentos de diferentes posturas (Furman & Podestá, 2011).
- Promover una conversación disputacional, competitiva y sin consideración de perspectivas ajenas, ni tampoco a conversación acumulativa, constructiva pero acrítica y sin desafío genuino. La argumentación requiere conversación exploratoria donde el conocimiento se hace públicamente responsable y el razonamiento es visible: las propuestas son desafiadas y contra-desafiadas mediante reflexión crítica y argumento razonado. Sin esta forma específica de interacción, no se promueve pensamiento científico riguroso ni capacidad argumentativa genuina.



Estrategias

- **Co-construir el marco de argumentación desde el inicio.** Construir la importancia de la argumentación en ciencias y definir con las y los estudiantes qué significa cada componente —afirmación, evidencia y razonamiento— (McNeill & Krajcik, 2008; Ruiz et al., 2015). Establecer colaborativamente reglas que hagan explícito cómo expresar desacuerdos constructivos, escuchar activamente, cómo solicitar evidencia, cómo desafiar ideas respetuosamente y cómo construir sobre contribuciones de otros, documentándolas visualmente (Wolfe & Alexander, 2008). Por ejemplo, co-construir un cartel: "Cuando alguien presenta una idea, preguntamos: ¿Qué evidencia respalda tu idea?. Si no estamos de acuerdo: entiendo tu argumento, pero tengo datos que muestran algo diferente" en lugar de

"estás equivocado". Practicar mediante role-playing identificando diferencias entre discusiones respetuosas y no respetuosas. Para ello es importante anticipar dificultades comunes que presentan las y los estudiantes.

- **Posicionar a las y los estudiantes como productores de conocimiento, no como receptores pasivos**, explicitando que su rol es generar explicaciones propias basadas en evidencia (McNeill & Krajcik, 2008). Por ejemplo, al investigar conductividad: "El objetivo no es memorizar qué conduce electricidad, sino que ustedes descubran patrones, generen explicaciones sobre por qué algunos materiales conducen y otros no, y defiendan sus ideas con evidencia de sus investigaciones". Este reencuadre transforma la motivación extrínseca (aprobar) a intrínseca (resolver problemas reales).
- **Co-construir y aplicar criterios de evaluación explícitos en situaciones auténticas.** Co-construir criterios para evaluar calidad de afirmaciones, apropiación y suficiencia de evidencia, y articulación del razonamiento mediante principios científicos (McNeill & Krajcik, 2008; Adúriz-Bravo, 2017). Por ejemplo, al evaluar argumentos sobre qué sistema de calefacción es más sustentable, otorgar puntos para: afirmación clara, identificación de múltiples tipos de evidencia (datos económicos, impacto ambiental, eficiencia), evaluación de fiabilidad, razonamiento que conecta datos con principios de sustentabilidad, consideración y descarte de alternativas, y coherencia entre evidencia y conclusión.
- **Legitimar provisionalidad y revisión de ideas.** Generar ambiente donde sea aceptable cambiar de opinión al encontrar mejor evidencia (McNeill & Krajcik, 2008). Por ejemplo, valorar cuando un estudiante dice "Antes pensaba X, pero ahora creo Y". Adoptar lenguaje de baja modalidad usando "quizás", "podría", "es posible que" en lugar de afirmaciones categóricas. Por ejemplo, preguntar "¿Qué podría estar causando esto?" en lugar de "¿Cuál es la causa?". Este cambio transforma la disposición a arriesgar hipótesis.
- **Enseñar a diferenciar evidencia apropiada de inapropiada.** Clarificar qué datos son relevantes para sustentar afirmaciones específicas (McNeill & Krajcik, 2008). Por ejemplo, al argumentar sobre aislantes térmicos, explicitar que evidencia apropiada

incluye mediciones de temperatura en condiciones controladas, mientras que "se siente caliente" no lo es.

- **Diseñar tareas con explicaciones alternativas y defender posturas contrarias deliberadamente.** Seleccionar fenómenos donde existan explicaciones alternativas legítimas, permitiendo descartar opciones mostrando evidencia insuficiente, y defender intencionalmente la postura contraria para obligar a buscar evidencia que la refute (McNeill & Krajcik, 2008; Furman & Podestá, 2011). Por ejemplo, presentar la vela bajo un recipiente donde sube agua, ofreciendo dos explicaciones —(a) el agua ocupa el lugar del oxígeno consumido, (b) el aire se calienta y al enfriarse se contrae— y cuando el grupo elige (a), el docente defiende (b): "Yo creo que es por dilatación térmica. ¿Pueden mostrar evidencia de que estoy equivocado usando las burbujas y el momento en que sube el agua?".
- **Modelar y criticar ejemplos de explicaciones.** Mostrar ejemplos fuertes y débiles identificando fortalezas y debilidades: evidencia apropiada versus opinión, razonamiento que aplica principios versus repetición de evidencia (McNeill & Krajcik, 2008). Por ejemplo, comparar "El barco flota porque es grande" (débil) versus "El barco flota porque su densidad media es menor que la del agua: aunque el acero es denso, tiene espacios vacíos que disminuyen su densidad promedio, generando empuje mayor que su peso según Arquímedes" (fuerte).
- **Planificar debates sobre cuestiones sociales de la ciencia.** Identificar temas controversiales donde las y los estudiantes defiendan posturas con fuentes diversas (Furman & Podestá, 2011; Ruiz et al., 2015). Por ejemplo, debate sobre "¿Qué sistema de calefacción debería instalar la escuela?" proporcionando datos sobre costos, impacto y eficiencia, pidiendo informe que justifique su elección. Otro ejemplo: transformar el aula en "comité asesor científico" sobre instalación de antenas de telefonía en el barrio.
- **Enseñar a evaluar y usar fuentes de información científica confiables:** desarrollar criterios para identificar fuentes confiables (autoría experta, revisión por pares, evidencia respaldada) versus no confiables (blogs sin respaldo, sitios comerciales, afirmaciones sin evidencia). Por ejemplo, al investigar el cambio climático, comparar un artículo científico revisado por pares versus un blog de opinión, analizando:

¿Quién escribió esto? ¿Presenta datos? ¿Cita fuentes verificables? ¿Tiene intereses comerciales? Esta habilidad es fundamental para la participación ciudadana informada en debates científicos.

- **Promover análisis crítico de explicaciones en medios.** Evaluar artículos o publicidades identificando afirmaciones, evaluando si evidencia es apropiada y si el razonamiento vincula adecuadamente evidencia con afirmaciones. Por ejemplo, analizar noticias sobre "energía verde", identificando afirmaciones ("100% renovable"), buscando evidencia que las respalde o refute (informes oficiales sobre posible fraude), evaluando información oculta.
- **Construir cultura que valore evidencia y razonamiento.** Establecer el hábito de solicitar justificación mediante "¿Cómo te das cuenta?", "¿Cómo lo sabes?" hasta que las y los estudiantes se pidan razones naturalmente (Furman & Podestá, 2011; Ruiz et al., 2015). Por ejemplo, cuando un estudiante afirma "las plantas necesitan luz", responder "¿Qué evidencia tienes?" en lugar de confirmar directamente. Con el tiempo, son los compañeros quienes preguntan, convirtiendo la demanda de evidencia en norma del grupo.
- **Valorar la diversidad de perspectivas y experiencias que enriquecen la argumentación,** siempre que se fundamenten con evidencia apropiada (Ruiz et al., 2015). Por ejemplo, al discutir conservación del agua, validar que estudiantes de contextos rurales y urbanos tengan experiencias distintas, y usar esas diferencias para construir argumentos sobre gestión sostenible, exigiendo que todas las posturas se respalden con datos y principios ecológicos.
- **Documentar la progresión para retroalimentación específica.** Señalar fortalezas y debilidades en componentes específicos, hacer preguntas que promuevan pensamiento profundo (McNeill & Krajcik, 2008). Por ejemplo, ante "La planta creció más en la ventana porque tenía más luz (medimos 15 cm en ventana, 8 cm en armario)", retroalimentar: "Tu evidencia es apropiada porque usaste mediciones. Para fortalecer el razonamiento, explica qué proceso biológico requiere luz. ¿Podrías mencionar la fotosíntesis?". La evidencia permite al docente analizar cómo evolucionan explicaciones, identificar patrones en dificultades, analizar qué intervenciones promueven mejor argumentación.

- **Generar instancias de reflexión docente para mejorar procesos argumentativos.**
Por ejemplo: formar comunidades de aprendizaje, profundizar comprensión de la argumentación en ciencias, reflexionar sobre propias prácticas, colaborar con otros docentes en diseño de experiencias, compartir estrategias efectivas, analizar producciones e interacciones argumentativas (escritos, registros audiovisuales), co-diseñar tareas que requieran argumentación rigurosa.



Bibliografía

- Adúriz-Bravo, A. (2017). Puentes entre la argumentación y la modelización en la enseñanza de las ciencias. *X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Sevilla, España.
- Couso, D. (2014). De la moda de «aprender indagando» a la indagación para modelizar: Una reflexión crítica. En M. A. de las Heras Pérez, A. Lorca Marín, B. Vázquez Bernal, A. Wamba Aguado, & R. Jiménez Pérez (Eds.), *Investigación y transferencia para una educación en ciencias: Un reto emocionante. XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 1–28). Universidad de Huelva.
- Furman, M & Podestá, M. (2011). *La aventura de enseñar ciencias naturales*. Paidós.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2009). Inquiry and scientific explanations: Helping students use evidence and reasoning. En J. Luft, R. Bell, & J. Gess-Newsome (Eds.), *Science as inquiry in the secondary setting* (pp. 121–134). National Science Teachers Association Press.
- Ministerio de Educación de Chile. (2015). *Bases curriculares 7° básico a 2° medio*. Autor.
- Ministerio de Educación de Chile. (2018a). *Bases curriculares Educación parvularia*. Autor.

- Ministerio de Educación de Chile. (2018b). *Bases curriculares 1° a 6° básico*. Autor.
- Ministerio de Educación de Chile. (2019). *Bases curriculares 3° y 4° medio*. Autor.
- NGSS Lead States. (2013). Next Generation Science Standards: For states, by states. *Appendix F: Science and engineering practices in the NGSS*. The National Academies Press
- Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD. (2023). *PISA 2025 science framework* (Second draft). OECD Publishing.
- Revel Chion, A. F., Meinardi, E., & Adúriz-Bravo, A. (2014). La argumentación científica escolar: Contribución a la comprensión de un modelo complejo de salud y enfermedad. *Ciência & Educação*, 20(4), 1029–1041. <https://doi.org/10.1590/1516-73132014000400014>
- Ruiz Ortega, F. J., Tamayo Alzate, O. E., & Márquez Bargalló, C. (2015). A model for teaching argumentation in science class. *Educação e Pesquisa*, 41(3), 629–646. <https://doi.org/10.1590/S1517-9702201507129480>
- Wolfe, S., & Alexander, R. J. (2008). *Argumentation and dialogic teaching: Alternative pedagogies for a changing world*. Futurelab.