

**UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE**

**FACULTAD DE QUÍMICA Y BIOLOGÍA**

**Departamento de Biología**



**Alfabetización Científica Crítica en el profesorado en formación inicial  
de Química y Biología.**

**Un estudio de caso desde un Taller de Reflexión Docente.**

**AILYN KEITY MEDEL OBREQUE**

**Profesora Guía:**

**Carol Lindy Joglar Campos**

**Tesis para optar al título de Profesora de  
Estado en Química y Biología**

**Santiago - Chile**

**2025**

**Proyecto FONDECYT – 1231325 – Identificación y caracterización de competencias argumentativas y explicativas en profesorado de química y biología en formación inicial. Su contribución al desarrollo profesional docente desde una perspectiva socio-científica.**

ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA CRÍTICA EN EL PROFESORADO EN FORMACIÓN  
INICIAL DE QUÍMICA Y BIOLOGÍA. UN ESTUDIO DE CASO DESDE UN TALLER DE  
REFLEXIÓN DOCENTE.

AILYN KEITY MEDEL OBREQUE

Este trabajo fue elaborado bajo la supervisión de la Dra. Carol Joglar Campos de la Facultad de Química y Biología, de la Universidad de Santiago de Chile y el Dr. Mario Quintanilla Gatica de la Facultad de Educación de la Pontificia Universidad Católica de Chile, aprobado por la siguiente comisión de seguimiento.

---

Dra. Carol Joglar Campos  
Profesora Guía

---

Dr. Mario Quintanilla Gatica  
Profesor Guía

---

Dra. Ruth Yáñez Oliva  
Profesora Comisión

---

Dra. Brenda Modak Ethel  
Profesora Comisión

---

Dra. Iriux Almodóvar Fajardo  
Vicedecana de Docencia y Extensión

**Alfabetización Científica Crítica en el profesorado en formación inicial de  
Química y Biología. Un estudio de caso desde un taller de reflexión docente.**

**AILYN KEITY MEDEL OBREQUE**

Doy fe de que esta Tesis no incorpora material de otros autores sin identificar debidamente la fuente.

Nombre de la Alumna: Ailyn Keity Medel Obreque

Carrera de la Alumna: Pedagogía en Química y Biología

Fecha: Noviembre 2025.

## Resumen

Ante las limitaciones que todavía presenta la enseñanza tradicional de las ciencias para responder a las problemáticas actuales, esta investigación analiza el tránsito de la Alfabetización Científica Crítica (ACC) en la Formación Inicial Docente (FID). El objetivo es contribuir a la formación de una ciudadanía capaz de tomar decisiones sociopolíticas informadas, utilizando el pensamiento crítico como herramienta fundamental. El estudio se desarrolló con 12 futuros profesores de Química y Biología, con un enfoque cualitativo, a través de un Taller de Reflexión Docente que incluyó el trabajo con Controversias Sociocientíficas y una salida a terreno que permitió vincular la teoría con la práctica. Para el análisis, se consideraron producciones escritas por los estudiantes y un grupo focal, triangulando la información para dar mayor solidez a los resultados. Los resultados muestran que el tránsito hacia la ACC es un proceso complejo y no lineal. Se observó un tránsito en los profesores en formación desde una tensión inicial entre una visión centrada en contenidos y otra más crítica, hacia la consolidación de una perspectiva intermedia que conecta la ciencia con la vida cotidiana. La salida a terreno emergió como la estrategia más valorada, logrando transformar la identidad profesional de los futuros docentes hacia un enfoque de formación ciudadana. En conclusión, el taller demostró ser una estrategia efectiva para activar un proceso de concientización y facilitar el avance hacia la ACC. La investigación reafirma que un diseño pedagógico intencionado es fundamental en la FID para preparar a los docentes como verdaderos agentes de cambio social.

Para que la lectura de este documento sea más sencilla, se usan términos como "el profesor", "el docente" o "el estudiante". Sin embargo, en todos los casos, los términos abarcan a todas las personas, sin distinción de género.

**Palabras clave:** Alfabetización Científica Crítica, Formación Inicial Docente, Controversias Sociocientíficas, Pensamiento Crítico.

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a esa pequeña Ailyn, tímida e insegura, que jamás pensó que llegaría a este punto, pero que cada día llega más lejos. Hoy, con este logro en mis manos, le demuestro que sí podía. Y es solo el comienzo.

## **Agradecimientos**

Agradecer en primera instancia a la profesora Carol, por ver en mí capacidades que yo no podía, y por confiar en mi trabajo al invitarme a ser parte del proyecto en el cual se enmarca este trabajo. En esa misma línea, agradecer al profesor Mario y todo el equipo, por dejarme ser parte de esta linda labor que se está realizando en la didáctica de las ciencias.

Agradecer a mi mamá y papá, por darme la crianza y valores que me permiten ser la mujer que soy hoy en día.

Agradecer a mis hermanas, quienes han estado siempre en las buenas y en las malas, siendo mi motivación para ser mejor cada día.

A mis abuelos, Tati y Tata, por siempre creer en mí. Una comida con ustedes es el remedio para cualquier problema.

Agradecer a mi perrita Ramona, quien ha sido la mejor compañía en muchas noches de estudio desde hace más de 10 años.

Agradecer a mis amistades de generación, por la compañía y apoyo en estos años de universidad. Especialmente a Janis, Marcela y Juan, quienes pasaron de ser compañeros a ser mis amistades para toda la vida.

Agradecer especialmente a Benjamín, mi compañero de vida. Gracias no solo por ser mi apoyo incondicional, sino por crecer junto a mí en este loco camino de la vida. Eres quien me levanta cuando caigo, el primero en celebrar mis logros como si fueran propios y, sobre todo, quien me impulsa cada día a ser mejor y a nunca dejar de soñar.

Gracias infinitas a todas y todos los mencionados, cada uno dejó una huella en mí, y los llevo conmigo siempre en el corazón. La mujer y profesora que soy hoy es gracias a todo el amor que me han dado.

Les amo infinitamente.

## Tabla de contenido

1	Introducción .....	1
1.1	Antecedentes .....	2
1.2	Supuesto de la investigación .....	5
1.3	Pregunta de investigación .....	5
1.4	Objetivos .....	5
1.4.1	Objetivo general .....	5
1.4.2	Objetivos específicos.....	5
2	Marco teórico .....	6
2.1	Alfabetización Científica Crítica .....	6
2.2	Pensamiento Crítico en la ciencia .....	10
2.3	Controversias Socio Científicas.....	15
2.4	Escenarios pedagógicos: Salidas a terreno.....	18
2.5	Influencia de las percepciones del profesorado en formación.....	19
2.6	Mediación didáctica.....	21
3	Metodología.....	25
3.1	Contexto de la investigación.....	25
3.2	Sujetos de investigación.....	25
3.3	Diseño de la investigación.....	25
3.4	Etapas del taller de reflexión docente.....	26
3.5	Instrumentos de recolección de datos .....	27
3.5.1	Salida a terreno .....	28
3.5.2	Focus Group.....	29
3.6	Técnicas para el análisis de datos.....	30
3.6.1	Análisis de las evidencias de aprendizaje: Análisis de contenido cualitativo 30	
3.6.2	Análisis de las percepciones: Análisis temático .....	31

3.6.3	Triangulación de los datos.....	32
4	Resultados y discusión .....	33
4.1	Panorama general del tránsito.....	33
4.1.1	La tensión inicial: Problematización.....	34
4.1.2	El Giro cívico-contextual: La consolidación de la Visión II.....	35
4.1.3	El fortalecimiento argumentativo: Desarrollando herramientas críticas .....	37
4.1.4	El salto cualitativo: Emergencia de la conciencia de justicia .....	37
4.1.5	La síntesis reflexiva: Primeros indicios de acción sociopolítica.....	38
4.1.6	Implicaciones del proceso de transformación epistémica .....	39
4.1.7	Los desafíos del camino hacia la Visión III .....	39
4.2	Caracterización de las estrategias de mediación didáctica y su influencia en el tránsito de la ACC .....	40
4.3	Exploración de las percepciones del profesorado en formación sobre el valor formativo del taller.....	44
4.4	Integración de los hallazgos: Una mirada comprensiva al tránsito de la ACC.....	47
5	Conclusiones .....	49
	Referencias bibliográficas.....	52
	Anexos .....	63

## Índice de tablas

Tabla 2.1. Adaptación de habilidades cognitivas del pensamiento crítico según Facione (1990). Extraído de “Pensar críticamente en el aula” (Couso et al., 2023). .....	11
Tabla 2.2. Creación propia en base a marcos de Vázquez-Alonso & Manassero-Mas (2018) y Vila, Márquez & Oliveras (2023). .....	13
Tabla 2.3: Creación propia a partir de las habilidades cognitivas del pensamiento crítico según Facione (1990) y los aportes de Vázquez-Alonso & Manassero-Mas (2018) y Vila, Márquez & Oliveras (2023). .....	16
Tabla 3.1: Resumen de las etapas del taller de reflexión docente. ....	26
Tabla 3.2: Sistema de códigos asociados a las tres visiones de la alfabetización científica, donde AC1 corresponde a la Visión I, AC2 a la Visión II y AC3 a la Visión III. ....	30
Tabla 4.1. Frecuencias por código a través de las sesiones. ....	34

## Índice de figuras

Figuras 2.1. Marco del pensamiento crítico para el aula de acuerdo con la propuesta original de Vila, Márquez y Oliveras (2023, p.15).....	12
Figura 3.1: Secuencia de las cuatro sesiones de trabajo, cada una dividida en tres momentos pedagógicos y los respectivos instrumentos trabajados en cada uno.....	28
Figuras 4.1: Frecuencia y distribución de los códigos AC1, AC2 Y AC3 asociados a las Visiones I, II y III de la Alfabetización Científica respectivamente, por cada etapa del Taller de Reflexión Docente.....	33

## 1 Introducción

La globalización y los avances tecnológicos han cambiado los objetivos de la educación, poniendo al pensamiento crítico como una habilidad clave para la ciudadanía del siglo XXI (Moghadam et al., 2023; Pedraja Rejas et al., 2024). En Chile, las políticas educativas y las Bases Curriculares (2019) también han dado prioridad a este propósito, tanto en los colegios como en la Formación Inicial Docente (FID) (Bezanilla et al., 2021). En este contexto, la enseñanza de las ciencias es fundamental, ya que no solo ayuda a comprender el mundo, sino que también permite formar ciudadanos activos y reflexivos (Puig Mauriz et al., 2023; UNESCO, 2017).

La Alfabetización Científica (AC) ha transitado desde una Visión I, centrada en aprender contenidos, hacia una Visión II, enfocada en aplicar el conocimiento en la vida diaria (Roberts, 2007). Actualmente, los desafíos sociales y ambientales han impulsado una Visión III, que busca un aprendizaje con sentido transformador, capaz de integrar las dimensiones éticas, políticas y sociales de la ciencia (Sjöström & Eilks, 2018). Este enfoque se conoce como Alfabetización Científica Crítica (ACC) y promueve una educación que vincule la ciencia con la justicia social y ambiental, preparando a la ciudadanía para transformar sus entornos (Guerrero & Sjöström, 2025).

La FID resulta un espacio clave para aplicar la ACC, aunque suele mantener una visión de la ciencia como algo neutro, sin mostrarla como una construcción social (Guerrero & Sjöström, 2025). Para avanzar en este sentido, una estrategia efectiva son las Controversias Sociocientíficas (CSC), problemas que combinan aspectos científicos, sociales y éticos, y que ayudan a desarrollar pensamiento crítico y científico (Olivares-Petit et al., 2024). En este marco también se encuentran las salidas a terreno, que ofrecen una oportunidad valiosa para conectar la ciencia con la vida cotidiana y reconocer su dimensión política (De Pedro Rodríguez & De Soto García, 2023; Vásquez Gordillo, L. A., & Mosquera, J. A., 2022). Sin embargo, aún existen desafíos, como las brechas en la formación docente (Herrera San Martín, 2025) y la falta de investigación sobre los procesos de reflexión de los futuros profesores (Guerrero & Sjöström, 2025). Esta investigación busca aportar en esa línea, analizando cómo se relacionan el pensamiento crítico, el pensamiento científico y las CSC en el tránsito de la ACC en profesores en formación.

## 1.1 Antecedentes

En la actualidad, la globalización y los avances tecnológicos han generado cambios significativos en el alcance, los conceptos y los objetivos de un sistema educativo y necesario que es socialmente responsable (Moghadam et al., 2023). En ese contexto, el pensamiento crítico emerge como una competencia elemental para la ciudadanía del siglo XXI (Pedraja Rejas et al., 2024). No sorprende, por tanto, que diversos países, entre estos Chile, se hayan establecido como foco prioritario en sus políticas educativas el desarrollo del pensamiento crítico de su ciudadanía, especialmente durante la formación escolar y también con foco en la formación inicial docente (Bezanilla et al., 2021). El desafío radica en garantizar que el profesorado esté preparado para desarrollar una ciudadanía responsable y democrática (UNESCO, 2017).

En este escenario, la enseñanza de las ciencias cobra especial relevancia. No solo ayuda a entender el mundo altamente tecnificado que nos rodea, sino que brinda una oportunidad valiosa para desarrollar el pensamiento crítico en edades tempranas, por lo cual su integración y enseñanza en las ciencias desde niveles iniciales es fundamental (Puig Mauriz et al., 2023). Así también lo promulgan las Bases Curriculares de Chile (2019) las cuales establecen como objetivo de enseñanza, lograr que todos los estudiantes alcancen una alfabetización científica, la cual se describe por el documento no solo como la comprensión de los grandes conceptos de la ciencia, sino también como la capacidad de aplicar ese conocimiento al momento de tomar decisiones personales y participar, de manera informada y reflexiva, en asuntos públicos. De esta forma, se promueve una ciudadanía activa, crítica y comprometida con los desafíos del mundo actual (2019).

La perspectiva anterior se alinea con lo que Roberts (2007) denominó Visión II de la Alfabetización Científica (AC), enfocada en el uso práctico de la ciencia, superando a una Visión I más tradicional y centrada únicamente en la adquisición de conceptos. Sin embargo, la complejidad de los desafíos globales actuales ha evidenciado la necesidad de ir un paso más allá. Investigadores como Sjöström y Eilks (2018) plantean el surgimiento de una tercera visión con un carácter transformador, que no solo busca aplicar la ciencia, sino que exige un compromiso social activo y una evaluación crítica de las implicancias éticas y políticas del quehacer científico. Es precisamente este enfoque,

que busca formar una ciudadanía con capacidad de acción y reflexión profunda, el que da forma a la Alfabetización Científica Crítica (Olivares-Petit et al., 2024).

Guerrero & Sjöström (2025) describen la ACC como la implicancia de reconocer cómo la Ciencia y la Tecnología pueden beneficiar de forma desproporcionada a los grupos poderosos dentro de la sociedad, y exige un análisis del quehacer científico reconociendo que este es una actividad política, con una historia y un contexto determinados. Su objetivo es promover procesos educativos basados en la emancipación y la transformación, articulando la alfabetización científica con la justicia social y ambiental. También busca fomentar un proceso de "concientización" científica, donde los individuos y las comunidades no solo comprenden el mundo, sino que se sienten capaces de actuar dentro de sus contextos para transformarlo (2025).

Para que la ACC se implemente eficazmente en la FID, la formación universitaria de profesores de ciencias requiere de transformaciones profundas (Herrera San Martín, 2025). Esto, ya que la intervención a través del desarrollo profesional docente se considera el enfoque más prometedor y la estrategia más efectiva para posibilitar una transformación pedagógica a gran escala y superar las dudas del profesorado al aplicar estos nuevos enfoques (Eidin & Shwartz, 2023). Este principio es especialmente relevante para los profesores de Química y Biología, quienes deben poseer las competencias para guiar a sus estudiantes en el análisis de problemáticas reales y complejas, con el fin de promover su participación como ciudadanos críticos y responsables de su entorno (Herrera San Martín, 2025).

Este enfoque contrasta con la formación tradicional, que a menudo presenta la ciencia como un cuerpo de conocimiento apolítico y acabado, omitiendo su dimensión como construcción social influenciada por valores y contexto (Guerrero & Sjöström, 2025). Sin embargo, la transición no está exenta de desafíos, ya que se han detectado brechas teórico-prácticas y los propios profesores en formación cuestionan si su preparación es suficiente, percibiendo un déficit en su formación pedagógica y curricular para estas nuevas exigencias (Herrera San Martín, 2025). Por ello, la FID se reafirma como el espacio estratégico donde se deben ajustar los programas de estudio para desarrollar estas competencias de manera intencionada (2025).

Olivares-Petit et al., (2024) señalan que una de las estrategias más efectivas para desarrollar la ACC en la FID es el trabajo con Controversias Sociocientíficas. Los autores las definen como problemas de alta relevancia social que están vinculados a la Ciencia y la Tecnología, pero cuya resolución va más allá del conocimiento científico. El análisis de una CSC requiere ir más allá de una única forma de razonamiento (Olivares-Petit et al., 2024). Los autores mencionan que es necesario el uso del pensamiento científico para comprender los fenómenos naturales y analizar la evidencia empírica. Por otro lado, esta base científica debe articularse con el pensamiento crítico —mencionado en los apartados iniciales— para poder evaluar las dimensiones éticas, sociales y políticas del problema, así como los intereses de los actores involucrados (2024).

Bajo este contexto, las salidas a terreno son un escenario pedagógico ideal para que los futuros docentes desarrollen una ACC a través de las CSC en un contexto real (De Pedro Rodríguez & De Soto García, 2023; Domènech-Casal, 2017). En estas experiencias, el pensamiento científico se desarrolla mediante procesos de investigación auténtica que involucran formulación de hipótesis, resolución de problemas reales y análisis crítico de evidencias, trascendiendo la simple memorización al requerir toma de decisiones activas y construcción de argumentos científicos fundamentados (Bembich & Bologna, 2025). Los resultados obtenidos sirven como base para ejercitar el pensamiento crítico a través del análisis del impacto local, debates sobre políticas de conservación y desarrollo de propuestas de acción comunitaria, conectando la ciencia con la vida cotidiana para la formación de ciudadanos críticos (De Pedro Rodríguez & De Soto García, 2023; Vásquez Gordillo, L. A., & Mosquera, J. A., 2022). De esta forma, los futuros profesores pueden comprender de manera experiencial la naturaleza política, ética y contextual de la ciencia, un pilar de la ACC (Guerrero & Sjöström, 2024).

De esta manera, el desarrollo del pensamiento crítico y científico desde una perspectiva de Alfabetización Científica Crítica representa hoy un desafío educativo relevante en la formación del profesorado en ciencias, especialmente en contextos como la FID, donde se configuran las bases de su práctica futura. La integración de estrategias como las CSC en estos contextos, como lo son las salidas a terreno, ha demostrado ser clave para vincular ciencia, sociedad y valores (De Pedro Rodríguez & De Soto García, 2023; Olivares-Petit et al., 2024). Sin embargo, aún persisten desafíos relevantes en cuanto a su implementación efectiva, tanto por las brechas formativas detectadas (Herrera San

Martín, 2025) como por la falta de investigación sobre los procesos de reflexión crítica y concientización que experimentan los futuros docentes (Guerrero & Sjöström, 2025). En este marco, la presente investigación se orienta a comprender cómo se articulan estas dimensiones —pensamiento crítico, pensamiento científico y CSC— en la práctica formativa del profesor en formación aportando a la consolidación de una educación científica transformadora, comprometida con la justicia social y ambiental (Guerrero & Sjöström, 2025).

## **1.2 Supuesto de la investigación**

Esta investigación considera que la participación del PFI en un taller de reflexión docente centrada en estrategias reflexivas promueve el tránsito en su Alfabetización Científica Crítica. por lo cual, al finalizar el taller —si el tránsito se desarrolla de manera favorable— se espera que los futuros docentes sean capaces de identificar y proponer prácticas sustentables en sus comunidades, aplicando el conocimiento científico como base para la toma de decisiones tanto a nivel personal como colectivo en su propio territorio. Se espera que, como resultado, los futuros profesores valoren positivamente estas estrategias y las perciban como fundamentales para su futura práctica docente.

## **1.3 Pregunta de investigación**

¿Cómo influye un taller de reflexión docente en el tránsito hacia una alfabetización científica crítica del profesorado de Química y Biología en formación inicial?

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Analizar como un taller de reflexión docente influye en el tránsito de la Alfabetización Científica Crítica (ACC) en el profesorado de Química y Biología en formación inicial.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Determinar cómo transita la ACC por medio de las evidencias de aprendizaje del profesorado en formación.
2. Caracterizar las estrategias de mediación didáctica desarrolladas en el curso en función del desarrollo de la ACC.
3. Explorar las percepciones del profesorado en formación sobre el valor formativo de las estrategias de mediación didáctica implementadas en el taller.

## **2 Marco teórico**

Este capítulo busca construir la base teórica que respalda la presente investigación. Para este propósito, se examinan diversos conceptos que se conectan entre sí para explicar cómo desarrollar una educación científica que genere cambios significativos. El punto de partida es la Alfabetización Científica Crítica, que se define como el objetivo educativo orientado a preparar ciudadanos capaces de participar activamente en decisiones sociopolíticas. Posteriormente, se examina el Pensamiento Crítico (PC) como la capacidad fundamental que permite implementar la ACC en el contexto educativo. Para poner en marcha estos dos elementos, se estudia el papel de las Controversias Sociocientíficas como método pedagógico esencial, ubicándolas dentro del marco específico de las Salidas a Terreno, que representan un espacio apropiado para vincular el conocimiento científico con el entorno inmediato. Considerando que este proceso educativo involucra aspectos personales, se examina cómo las percepciones del profesorado influyen en estos procesos, ya que constituyen un elemento determinante en su crecimiento profesional. Por último, estos componentes se integran mediante el concepto de mediación didáctica, que facilita el estudio de las prácticas pedagógicas deliberadas que promueven el avance hacia la ACC en el espacio de reflexión.

### **2.1 Alfabetización Científica Crítica**

La Alfabetización Científica ha sido considerada durante décadas uno de los fines centrales de la educación en ciencias, entendida como una analogía de la alfabetización básica y extendida a la población general (Ramos Araya & Castillo Castillo, 2020). Sin embargo, en el siglo XXI, las prácticas tradicionales que se centraban en un presunto déficit de conocimiento por parte de la ciudadanía han demostrado ser insuficientes para los desafíos contemporáneos (Rodríguez et al., 2022). En consecuencia, el debate en esta área ha transitado progresivamente desde un enfoque en el déficit de conocimiento hacia uno que aborda un déficit de poder. Este debate contrapone la visión tradicional, que sugiere que la desconfianza pública se debe a una simple falta de información, con una perspectiva más actual que plantea que la verdadera brecha reside en la capacidad de las personas para participar en las decisiones sobre ciencia y tecnología, redefiniendo así el propósito de la educación científica (Hodson, 2003).

Para entender por qué resulta necesaria la ACC, debemos ubicarla dentro de su desarrollo histórico. Durante la década de 1980 apareció el movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), que buscaba responder a la demanda de preparar

ciudadanos que pudieran actuar de manera responsable en una sociedad donde la ciencia y la tecnología tienen cada vez mayor presencia (Acevedo-Díaz, J. A. 1997; Hansen & Olson, 1996). Esta corriente impulsó propuestas educativas que intentaban combinar estas tres áreas en la enseñanza científica. No obstante, estos planteamientos pedagógicos recibieron críticas posteriores por no alcanzar el nivel de análisis crítico necesario y, en algunos casos, por mantener perspectivas positivistas sobre la actividad científica que limitaban la capacidad de los estudiantes para entender la auténtica complejidad de la ciencia (Hodson, 2020).

Esta insuficiencia del enfoque CTS tradicional impulsó la necesidad de ir más allá, promoviendo un giro hacia un enfoque que asume de forma explícita la dimensión política de la enseñanza de las ciencias. En lugar de presentar la ciencia como una actividad neutral, este nuevo enfoque la aborda como un campo donde se entrelazan valores, intereses y relaciones de poder, con el objetivo de formar una ciudadanía capaz no sólo de comprender, sino también de intervenir (Hodson, 2010).

Si bien la AC ya constituía un elemento central de la educación, fue Derek Hodson señaló la importancia de dar un paso más allá. El "cómo" se produce el avance hacia la ACC es a través de su crítica: Hodson (2003) sostuvo que la educación científica era insuficiente si únicamente se concentraba en la transmisión de conocimientos. Para él, el verdadero propósito era promover una "acción sociopolítica". Así, propuso ampliar la AC con una nueva dimensión: el compromiso y la capacidad de tomar medidas responsables y efectivas en asuntos de interés social, económico, ambiental y ético-moral (Hodson, 2020). De esta forma, la ACC se consolidó como un motor para la acción, buscando que los estudiantes no solo aprendieran ciencia, sino que también cuestionaran las desigualdades y las ideas que las justifican, poniendo en práctica acciones dirigidas a una mayor justicia social (Rodríguez et al., 2022). Sin embargo, para que esta acción sociopolítica no se reduzca a una mera expresión de opiniones, debe sustentarse en un fundamento epistemológico robusto (Villalobos Olascoaga, 2016).

Entender la Naturaleza de la Ciencia (NdC) —es decir, cómo se genera, valida, discute y delimita el conocimiento científico— representa un requisito esencial para desarrollar cualquier tipo de alfabetización que pretenda ser verdaderamente crítica, pues sin ella la crítica a las cuestiones sociocientíficas pierde solidez (Allchin, 2011). Este marco de

comprensiones epistemológicas permite a la ciudadanía analizar controversias complejas, aplicar criterios que van más allá de lo personal y reconocer argumentos engañosos, pseudociencia o posturas negacionistas (Allchin, 2020). Pese a su relevancia, reconocida en marcos de evaluación como PISA, su incorporación en los programas educativos continúa siendo limitada. A esto se suma la persistencia de la "visión de consenso" de la NdC, criticada por su enfoque simplificador y su escasa utilidad práctica en situaciones reales (Allchin, 2011).

Para resolver esta limitación surge el modelo de "Whole Science" desarrollado por Douglas Allchin, que constituye una versión más desarrollada de la NdC orientada a un objetivo esencialmente cívico: capacitar a los ciudadanos para juzgar la confiabilidad de las declaraciones científicas tal y como las encuentran en su vida diaria (Allchin et al., 2024). Este enfoque propone un análisis holístico de todo el proceso de producción y difusión del conocimiento, conceptualizado como una "cadena de derivación" donde cada eslabón —desde el laboratorio hasta los medios de comunicación— es un punto potencial de error o sesgo (Allchin, 2020). La "Whole Science" integra orgánicamente los factores sociales, como los conflictos de interés o los sesgos culturales, como elementos intrínsecos que afectan la fiabilidad del conocimiento y que, por tanto, deben ser parte central del análisis crítico (Allchin et al., 2024). De este modo, la "Whole Science" funciona como un puente que busca trascender los límites tradicionales de las disciplinas científicas, convirtiendo el conocimiento académico sobre la ciencia en una habilidad práctica y ciudadana, y ofreciendo el método necesario para desarrollar el análisis crítico que requiere la ACC.

Por lo que, si la NdC y la "Whole Science" proporcionan el "qué" y el "cómo" de la crítica, el marco de la "Visión III" de Jesper Sjöström e Ingo Eilks ofrece el "porqué" filosófico y el "para qué" político. Este enfoque surge al considerar insuficientes las visiones anteriores —la Visión I, centrada en el contenido disciplinar, y la Visión II, enfocada en la aplicación cotidiana— por su falta de un énfasis robusto en la dimensión ética y en la toma de acciones (Sjöström, 2024; Sjöström et al., 2017; Sjöström & Eilks, 2018). La Visión III, sinónimo en gran medida de la ACC, propone una educación abiertamente comprometida con valores políticos y dirigida hacia la emancipación, la justicia socioecológica y el desarrollo de una ciudadanía global (Sjöström, 2024; Sjöström et al., 2017). Su raíz en el concepto germano-nórdico de Bildung es lo que le otorga una

profundidad distintiva, entendiendo la educación no como un fin instrumental, sino como un proceso de desarrollo integral que prepara al individuo para una vida autónoma y para participar de manera reflexiva y responsable en la sociedad democrática (Sjöström et al., 2017). La Visión III, por tanto, funciona como un marco conceptual que da un propósito trascendente al proyecto de la ACC, orientándolo hacia la formación de una ciudadanía capaz de ejercer su capacidad de acción.

El término "crítica" ha pasado por su propia transformación, volviéndose cada vez más radical. El trabajo de Hodson estableció el punto de partida de una crítica situada dentro de la democracia liberal, pero la inclusión de la pedagogía de Paulo Freire y su noción de *concientización* añadió un carácter más radical (Mínguez-López & Kalogirou, 2024; Muller, 2025). La *concientización* va más allá del mero "darse cuenta", ya que constituye un proceso de diálogo mediante el cual las personas identifican las estructuras sociales opresivas como creaciones históricas que pueden modificarse (Darder, 2014). Bajo esta perspectiva, la ACC se transforma en un instrumento para la emancipación, que busca no solamente funcionar dentro del sistema existente, sino cambiar el sistema en sí mismo.

Para precisar este punto, es importante definir qué se entiende por emancipación en el contexto de la enseñanza de las ciencias. Lejos de ser un mero acto de liberación de la ignorancia, la emancipación es el resultado de un proceso de concientización, un despertar de la conciencia crítica que surge del diálogo y la problematización de la propia realidad (Darder, 2014; Freire, 1970). A través de este proceso, los individuos y las comunidades aprenden a reconocer cómo la ciencia y la tecnología pueden beneficiar de forma desproporcionada a los grupos de poder, entendiendo que el quehacer científico es una actividad política y socialmente situada (Guerrero & Sjöström, 2025). Esta reflexión crítica no es un fin en sí mismo, sino el fundamento para la "acción sociopolítica", la capacidad de tomar medidas responsables y efectivas para transformar el entorno en busca de una mayor justicia social y ambiental (Hodson, 2020).

La emancipación, por tanto, es el desarrollo de una autonomía y una agencia que no solo se basan en el entendimiento crítico, sino que se nutren de convicciones personales profundas. Estas convicciones, elaboradas en la reflexión, están arraigadas en un compromiso con un valor humano fundamental: la búsqueda de una mayor justicia. Es

esta inseparable conexión que existe entre el conocimiento científico y los valores de nuestra sociedad (Sadler, 2004; Zeidler & Nichols, 2009) la que finalmente moviliza a la ciudadanía a utilizar el conocimiento científico como una herramienta para la participación democrática y la transformación de la sociedad (Sjöström, 2024).

En definitiva, lo que se sabe hoy sobre la Alfabetización Científica Crítica revela que se trata de un concepto complejo y dinámico, que no puede entenderse mediante una sola perspectiva teórica. Su estructura conceptual se construye mediante la combinación de diferentes niveles de análisis crítico, donde cada uno se apoya en el anterior. Se parte de una politización de la educación científica (Hodson, 2020) que para ser rigurosa debe asentarse sobre un sólido fundamento epistemológico (NdC), el cual se hace operativo y funcional para la vida cívica a través de un análisis holístico de la fiabilidad del conocimiento ("Whole Science"). A su vez, todo este proyecto adquiere un propósito filosófico y liberador dentro del marco de la Visión III. Finalmente, este marco teórico es constantemente interpelado y enriquecido por las críticas radicales de la pedagogía freireana y los enfoques decoloniales, que exigen una vigilancia constante sobre las relaciones de poder inherentes al saber. Un marco teórico actual sobre la ACC debe, por tanto, integrar y conectar estas diferentes dimensiones, reconociendo que preparar a un ciudadano científicamente crítico en el siglo XXI significa proporcionarle las capacidades necesarias para examinar, participar, modificar y, finalmente, cuestionar la relación compleja entre la ciencia, el poder y la sociedad.

## **2.2 Pensamiento Crítico en la ciencia**

Para que la ACC sea más que una postura ideológica, se requiere de un correcto andamiaje de herramientas cognitivas y afectivas que permitan al estudiantado no solo comprender la ciencia como una actividad humana compleja (Quintanilla & Izquierdo, 2006), sino también actuar con juicio crítico frente a los desafíos sociales y éticos que plantea la ciencia contemporánea (Rodríguez et al., 2022; Guerrero, 2021).

El pensamiento crítico es fundamental para llevar a cabo los objetivos de la ACC, ya que permite conectar el conocimiento científico con la formación de una ciudadanía crítica y responsable. La dimensión crítica de la ACC se manifiesta en la capacidad de ser conscientes de cómo la ciencia puede ser utilizada o mal utilizada en distintos contextos sociales, lo que exige un conjunto de habilidades específicas: analizar argumentos,

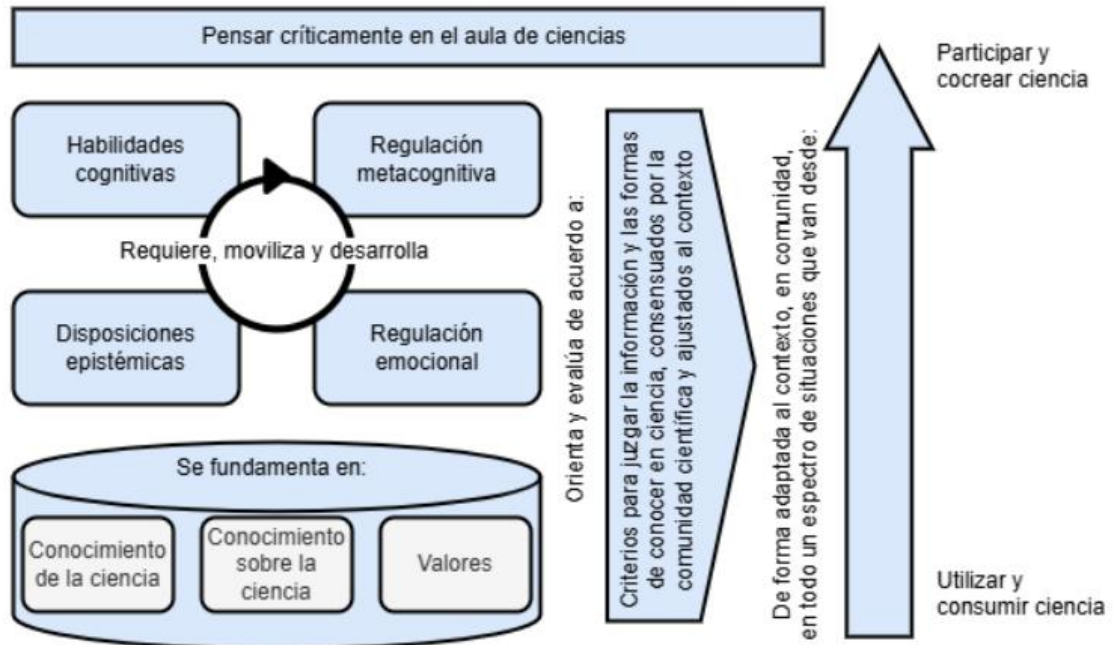
evaluar la credibilidad de las fuentes, inferir conclusiones lógicas y reflexionar sobre el propio pensamiento (Analuisa Sanchez et al., 2024).

En la educación científica, el pensamiento crítico se entiende como un conjunto de procesos cognitivos, metacognitivos, actitudinales y emocionales que, apoyados en conocimientos de ciencia y sobre la ciencia, además de valores compartidos, permiten a los estudiantes participar activamente en la evaluación del conocimiento y de cómo este se construye en la ciencia escolar. (Couso et al., 2023). Esta perspectiva entiende que pensar críticamente supone utilizar habilidades cognitivas de alto nivel, las cuales se definen en la Tabla 2.1 —como interpretar, analizar, evaluar, inferir, explicar y autorregularse (Facione, 1990)—, junto con la regulación metacognitiva, la disposición a mantener una actitud abierta, humilde y autónoma frente al conocimiento, y la capacidad de manejar las emociones que acompañan el trabajo científico. El desarrollo de estas competencias se apoya en criterios acordados por la comunidad científica —como la claridad, la precisión, la coherencia, la suficiencia de la evidencia y la fiabilidad de los métodos—, los cuales se adaptan al contexto escolar (Osborne & Pimentel, 2023; Vila et al., 2023).

Tabla 2.1. Adaptación de habilidades cognitivas del pensamiento crítico según Facione (1990). Extraído de “Pensar críticamente en el aula” (Couso et al., 2023).

Habilidad	Significado
Interpretación	Comprender y comunicar el sentido de distintas experiencias, datos, situaciones, creencias, reglas o juicios.
Análisis	Reconocer las relaciones entre afirmaciones, preguntas, conceptos o descripciones que expresan creencias, juicios, experiencias, razones, información u opiniones.
Evaluación	Analizar la credibilidad y solidez de afirmaciones o descripciones basadas en experiencias, situaciones, juicios, creencias u opiniones.
Inferencia	Reconocer y usar la información relevante para deducir consecuencias y elaborar conclusiones, conjeturas o hipótesis razonables.
Explicación	Comunicar los resultados del propio razonamiento de manera reflexiva y coherente, apoyándose en evidencias, conceptos, métodos y criterios.
Autorregulación	Evaluar el propio razonamiento, detectar posibles sesgos y corregirlos, siendo consciente de las habilidades, estrategias y conocimientos que lo hicieron posible.

La figura 2.1 resume el desarrollo de estas competencias. En él se muestran los componentes principales del pensamiento crítico en la clase de ciencias y se explica cómo interactúan en la práctica las dimensiones cognitivas, metacognitivas y afectivas, mencionadas previamente. (Couso et al., 2023).



Figuras 2.1. Marco del pensamiento crítico para el aula de acuerdo con la propuesta original de Vila, Márquez y Oliveras (2023, p.15).

Sin embargo, para que el pensamiento crítico sea realmente significativo en el aula de ciencias, debe conectarse de manera explícita con el pensamiento científico. El pensamiento científico es una manera de razonar enfocada en crear, validar y comunicar conocimiento sobre el mundo natural. Para lograrlo, se basa en formular y comprobar hipótesis, usar métodos empíricos, argumentar con evidencias y aplicar criterios estrictos para aceptar dicho conocimiento. (Izquierdo, 2006). De este modo, mientras el pensamiento crítico funciona como una habilidad general que evalúa la calidad y fiabilidad del pensamiento, el pensamiento científico es específico del área de las ciencias. Su función es construir y explicar, con el objetivo de crear y validar modelos y teorías sobre los fenómenos naturales.

Por esto, es importante comprender la relación entre ambas formas de pensar de una manera crítica y reflexiva. Según Vázquez-Alonso & Manassero-Mas (2018), es fundamental desarrollar habilidades para pensar mejor, es decir, con una mirada crítica sobre la ciencia y con las herramientas que esta nos da. Ellos explican que esto es clave para superar una alfabetización científica que se enfoca solo en entender conceptos. El objetivo es lograr una educación que mejore la capacidad de las personas para analizar, argumentar y tomar decisiones bien informadas y éticas. Por eso, su enfoque destaca

que la alfabetización científica debe incluir tanto el desarrollo del pensamiento crítico como la adopción de los procesos y valores propios de la ciencia, integrando aspectos cognitivos, sociales, éticos y culturales.

Así, el pensamiento crítico y el científico trabajan en conjunto, pues uno es esencial para el desarrollo y la aplicación del otro. Por una parte, el pensamiento crítico es una herramienta indispensable para hacer ciencia con rigor y para comprender a fondo de qué se trata. Por otra parte, la participación en prácticas científicas reales —como la indagación, el diseño de experimentos, la creación de modelos o la argumentación— es el campo de entrenamiento perfecto para que los estudiantes desarrollen esas mismas habilidades críticas. (Puig Mauriz et al., 2023; Couso et al., 2023).

Las investigaciones en educación muestran que enseñar habilidades de pensamiento crítico de forma directa, y aplicándolas a contextos científicos, trae un doble beneficio. Por un lado, mejora la comprensión de la ciencia en los estudiantes. Por otro, les ayuda a aplicar lo que aprenden en otras áreas y a pensar de manera más autónoma. Estas capacidades son fundamentales para enfrentar los desafíos de la sociedad actual (Abrami et al., 2015; Willingham, 2019).

La Tabla 2.2 resume cómo se relacionan y en qué coinciden ambas formas de pensar. Para hacerlo, la tabla compara sus funciones, habilidades clave, sus ideas sobre cómo se valida el conocimiento (bases epistemológicas), el contexto en el que se desarrollan y su impacto educativo. Este resumen se basa en los trabajos de Vázquez-Alonso & Manassero-Mas (2018) y Vila, Márquez & Oliveras (2023).

*Tabla 2.2. Creación propia en base a marcos de Vázquez-Alonso & Manassero-Mas (2018) y Vila, Márquez & Oliveras (2023).*

Dimensión	Pensamiento crítico	Pensamiento científico	Puntos en común	Ejemplos
Función principal	Evaluar argumentos y tomar decisiones fundamentadas.	Construir, validar y comunicar modelos explicativos.	El pensamiento científico usa criterios rigurosos para validar el conocimiento.	Debate sobre un tema relevante para tomar decisiones fundamentadas (por ejemplo, la pirotecnia).
Habilidades clave	Interpretación, análisis, evaluación, inferencia, explicación, autorregulación.	Diseño experimental, formulación de hipótesis, argumentación basada en evidencia.	Evaluar las evidencias y construir argumentos.	Análisis de comentarios en redes sociales, identificación y clasificación de fuentes en argumentos.

Bases epistemológicas	Racionalidad, escepticismo, apretura a la revisión, criterios universales.	Empirismo, falsabilidad, replicabilidad.	Comprobar la veracidad y analizar críticamente.	Evaluación crítica de estudios científicos, análisis de la fiabilidad de diferentes tipos de fuentes.
Contexto de desarrollo	Transversal a disciplinas y situaciones.	Prácticas científicas auténticas y situaciones de indagación.	Aula de ciencias como espacio privilegiado para integrar ambos.	Aplicación en temas actuales o debates científicos en aula.
Impacto educativo	Ayuda a que las personas piensen por sí mismas y tomen decisiones bien fundamentadas.	Promueve la comprensión profunda de la Naturaleza de las Ciencias.	Desarrollo conjunto potencia alfabetización científica crítica.	Actividades que promueven la conciencia sobre la fiabilidad de la información y desarrollan la argumentación crítica.

Por lo tanto, para desarrollar el pensamiento crítico y científico no basta con enseñar los contenidos de una asignatura. Es fundamental integrar esa enseñanza con actividades que motiven a los estudiantes a reflexionar, argumentar y pensar de forma ética. La investigación señala que la clase de ciencias es un escenario ideal para lograr esto y que funciona especialmente bien cuando se abordan problemas y controversias importantes para la sociedad, pues estos temas animan a los estudiantes a involucrarse en prácticas científicas reales, como la investigación, la argumentación y la creación de modelos. (Osborne & Pimentel, 2023; Vila et al., 2023). Las investigaciones recientes señalan que estas competencias no se desarrollan con actividades aisladas, sino a través de propuestas didácticas continuadas, contextualizadas y transferibles, que permitan al estudiantado analizar y cuestionar información, construir y evaluar argumentos, tomar decisiones informadas y actuar con responsabilidad social y epistémica (Puig Mauriz et al., 2023; Vila et al., 2023).

Por eso, un objetivo fundamental de la educación científica actual es formar pensadores críticos. Se busca que estas personas sean capaces de actuar en la sociedad siguiendo criterios basados en un pensamiento tanto científico como ético (Osborne & Pimentel, 2023; Puig Mauriz et al., 2023). Según estos autores, integrar el pensamiento crítico y científico en el plan de estudios, utilizando herramientas y una mediación didáctica adecuada, trae dos beneficios clave. Primero, ayuda a los estudiantes a desarrollar las habilidades necesarias para manejar la complejidad, la incertidumbre y el exceso de información del mundo actual. Segundo, los prepara para participar de forma informada, ética y democrática en los debates y decisiones que definen nuestra sociedad.

### **2.3 Controversias Socio Científicas**

Las Controversias Sociocientíficas tienen su origen en el movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), que surgió en los años 70. En esa época, la sociedad comenzó a percibir la ciencia de una forma más crítica, a menudo con desconfianza o miedo. Esto se debió, en gran parte, a desarrollos como las centrales nucleares y al uso de la ciencia por parte de las élites para mantener su poder. Este periodo fue un punto de quiebre importante, ya que demostró las limitaciones del enfoque tradicional del movimiento CTS, el cual había dejado en segundo plano las consecuencias sociales y políticas del trabajo científico. (Olivares-Petit et al., 2024).

La elección entre usar el concepto más amplio de "problema sociocientífico" o el término más específico de "controversia sociocientífica" no es solo una diferencia de palabras, sino que responde a una clara intención pedagógica. (Díaz Moreno & Jiménez Liso, 2012). Elegir la palabra "controversia" es más preciso porque resalta el carácter polémico, conflictivo y lleno de desacuerdos que suelen tener estos temas. Destacar estos aspectos es fundamental para el enfoque pedagógico crítico que orienta esta investigación (Díaz Moreno & Jiménez Liso, 2014).

Definir las controversias sociocientíficas (CSC) es complejo, porque no se pueden explicar desde una sola dimensión. Se trata de un concepto con múltiples facetas que integra diferentes puntos de vista que se complementan, como lo es la mirada política, económica, ambiental, etc. Por ejemplo, desde una perspectiva ética, las CSC son problemas polémicos que exigen usar juicios morales y éticos al momento de tomar una decisión. Esto demuestra la profunda e inseparable conexión que existe entre el conocimiento científico y los valores de nuestra sociedad (Sadler, 2004; Zeidler & Nichols, 2009).

Además, desde una perspectiva educativa las CSC son una excelente oportunidad de aprendizaje. Estas controversias se trabajan usando problemas sociales cercanos a la vida de los estudiantes. De esta manera, no solo se desarrollan habilidades de pensamiento, sino también competencias morales y éticas. Esto último ayuda a fortalecer la conexión y la influencia mutua que existe entre la ciencia y la sociedad (Amdayani et al., 2022).

La complejidad de estos temas es aún mayor porque las CSC son por naturaleza, problemas abiertos. Esto significa que no tienen una única respuesta definitiva y que admiten múltiples explicaciones posibles. Además, en ellas siempre influyen factores políticos, económicos y éticos, etc., (Suparman et al., 2022), se trata, por tanto, de situaciones donde no existe consenso entre las partes involucradas y donde se requiere un enfoque científico riguroso que permita construir respuestas que tomen en cuenta todos los factores importantes: sociales, éticas, políticas y ambientales (Díaz-Moreno y Jiménez-Liso, 2014).

Además, en la actualidad los avances tecnológicos derivados del desarrollo científico moldean directa e indirectamente las formas de vida social, generando nuevas necesidades que demandan soluciones complejas y generando diversas percepciones, opiniones y debates sobre temas controvertidos que abordan cuestiones con impactos tanto científicos como sociales (Cayci, 2020).

Precisamente esta complejidad multidimensional de las CSC las convierte en el terreno ideal para la movilización y desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico previamente conceptualizadas. Las CSC ofrecen un contexto real y significativo para que los estudiantes puedan aplicar y desarrollar las competencias de pensamiento identificadas por Facione (1990), tal y como se muestra en la tabla 2.3.

*Tabla 2.3: Creación propia a partir de las habilidades cognitivas del pensamiento crítico según Facione (1990) y los aportes de Vázquez-Alonso & Manassero-Mas (2018) y Vila, Márquez & Oliveras (2023).*

Habilidad	Significado	Significado aplicado en las CSC	Ejemplo específico
Interpretación	Comprender y comunicar el sentido de distintas experiencias, datos, situaciones, creencias, reglas o juicios.	Identificar las diferentes interpretaciones presentes en una controversia.	Analizar diferentes explicaciones sobre el cambio climático leyendo artículos de divulgación científica y comparar las fuentes de información.
Análisis	Reconocer las relaciones entre afirmaciones, preguntas, conceptos o descripciones que expresan creencias, juicios, experiencias, razones, información u opiniones.	Descomponer una CSC en sus elementos para entender las múltiples perspectivas que lo conforman.	Descomponer una controversia científica (por ejemplo, organismos genéticamente modificados) en sus diferentes evidencias, causas y consecuencias, usando organizadores gráficos o diagramas de Venn.
Evaluación	Analizar la credibilidad y solidez de afirmaciones o descripciones basadas en experiencias,	Valorar la solidez de las pruebas y los razonamientos presentados en una controversia.	Valorar la credibilidad de los resultados de un experimento escolar comparando los datos obtenidos con estándares científicos publicados.

	situaciones, juicios, creencias u opiniones.		
Inferencia	Reconocer y usar la información relevante para deducir consecuencias y elaborar conclusiones, conjeturas o hipótesis razonables.	Establecer posibles causas y efectos entre los elementos de una CSC.	Establecer causas y efectos en una investigación de contaminación ambiental, formulando hipótesis sobre los posibles contaminantes a partir de los resultados de análisis de agua.
Explicación	Comunicar los resultados del propio razonamiento de manera reflexiva y coherente, apoyándose en evidencias, conceptos, métodos y criterios.	Comunicar de manera fundamentada las propias posiciones a raíz de la controversia.	Presentar en grupo los resultados de un experimento sobre reacción química, justificando con argumentos basados en la evidencia obtenida y contrastando con literatura científica.
Autoregulación	Evaluar el propio razonamiento, detectar posibles sesgos y corregirlos, siendo consciente de las habilidades, estrategias y conocimientos que lo hicieron posible.	Realizar una reflexión metacognitiva sobre los propios prejuicios y limitaciones al analizar una controversia.	Reflexionar, al finalizar una actividad sobre vacunas, sobre los propios prejuicios e identificar si se han usado únicamente fuentes de autoridad o datos, realizando una autoevaluación sobre la calidad del análisis realizado.

De esta forma, la manera de trabajar las CSC en clase se centra, sobre todo, en la argumentación. Esto significa que, en lugar de que el profesor solo transmita información, se busca que los estudiantes construyan conocimiento crítico en conjunto a través del debate y la discusión (Morell Pucci et al., 2024; Vilouta Rando, 2019). La argumentación científica en contextos de controversia moviliza simultáneamente las dimensiones epistémica, social y retórica del discurso, exigiendo de los estudiantes las habilidades mencionadas, y comunicar argumentos fundamentados que integren evidencias científicas con consideraciones éticas, sociales y políticas (Calavia Lombardo et al., 2024). Este proceso de argumentación no se considera un fin en sí mismo, sino una herramienta para fomentar la capacidad de actuar de manera informada y comprometida en asuntos sociales y políticos, que es el objetivo principal de la Alfabetización Científica Crítica

De esta manera, el objetivo de trabajar con CSC en el aula es formar una ciudadanía científicamente alfabetizada, capaz de participar activamente en la toma de decisiones democráticas sobre temas de ciencia y tecnología que afectan a toda la sociedad (Hodson, 2010). En esta línea, las Controversias Sociocientíficas se consolidan como una estrategia pedagógica clave para avanzar hacia una ACC comprometida con la emancipación y la participación democrática, elementos centrales de la Visión III (Guerrero, 2021). En este marco, las CSC funcionan como un puente que une dos áreas

clave: el desarrollo del pensamiento crítico y científico, y la capacidad de actuar para transformar la sociedad. Al conectar el pensamiento con la acción, las CSC se convierten en la pieza central de un modelo educativo que busca formar personas más libres y autónomas.

#### **2.4 Escenarios pedagógicos: Salidas a terreno**

Las salidas a terreno, también denominadas salidas de campo, trabajo de campo o salidas pedagógicas, constituyen una mediación didáctica fundamental en la enseñanza de las ciencias naturales que permite movilizar el aprendizaje del aula hacia el mundo real (Vásquez Gordillo, L. A., & Mosquera, J. A., 2022). Estas actividades son experiencias de aprendizaje prácticas. Su objetivo es aumentar el conocimiento de los estudiantes a través del contacto directo con la naturaleza, instituciones especializadas u otros entornos que se relacionen directamente con los contenidos que se trabajan en clase (Franco Fajardo & Ibarrola Castellanos, 2025).

En la formación de profesores de ciencias, las salidas a terreno son una herramienta educativa fundamental, porque rompen con la rutina de la clase tradicional y trasladan el aprendizaje al mundo real. Se utilizan para superar las limitaciones de una educación que solo ocurre dentro del aula, ya que ofrecen experiencias que difícilmente pueden ser imitadas, incluso con la tecnología audiovisual más moderna. (Calixto & Cedeño, 2020).

Las investigaciones actuales sobre salidas a terreno se han centrado en cuatro temas principales: su potencialidad como recurso didáctico para la enseñanza de las ciencias, la importancia para la interpretación y análisis del entorno, el análisis de salidas de campo como casos de estudio, y la incorporación de tecnologías de la información y comunicación a estos recursos (Morote Seguido, 2019).

La literatura científica muestra que las salidas a terreno aportan múltiples beneficios al aprendizaje de las ciencias. En primer lugar, facilitan el desarrollo de competencias científicas, ya que permiten a los estudiantes practicar la observación y el uso de técnicas y procedimientos científicos. Estas experiencias amplían sus intereses académicos y favorecen la adquisición de habilidades para resolver problemas, integrando conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales (García González & Schenetti, 2019).

Además, las salidas a terreno potencian el aprendizaje significativo. Al conectar lo aprendido en el aula con experiencias directas en la realidad, los estudiantes pueden contextualizar la teoría y reforzar valores éticos, sociales y ambientales relacionados con el entorno natural (Aguilera, 2018).

Igualmente, estas experiencias tienen un impacto positivo en el plano emocional y actitudinal. Se observa un predominio de emociones positivas como entusiasmo, interés, satisfacción, tranquilidad y asombro, mientras que disminuyen emociones negativas como miedo, susto o aburrimiento (Costillo Borrego et al., 2017).

En lo que respecta a la ACC, las salidas a terreno adquieren un rol clave ya que obligan a los estudiantes a formular hipótesis, recoger datos y respaldar sus conclusiones a partir de evidencias empíricas. Al comparar lo observado en el lugar con información previa, se fomenta la capacidad de debatir argumentos bien fundamentados y de evaluar la validez de distintas explicaciones científicas (Guerrero, 2021).

De esta manera, en lugares concretos, como áreas naturales o instituciones especializadas, los estudiantes pueden identificar conflictos socioambientales actuales, como la contaminación del suelo o la gestión del agua. Esto les permite analizar las implicaciones éticas, sociales y políticas del conocimiento científico, lo que fortalece el sentido de agencia y el compromiso con prácticas sostenibles, promoviendo la reflexión crítica sobre la relación entre ciencia, sociedad y medioambiente. Y desde la perspectiva CTS y con un enfoque de pedagogía crítica, las salidas a terreno se convierten en espacios de concientización, donde los estudiantes no solo amplían su comprensión del mundo, sino que también se posicionan como sujetos activos capaces de influir en su entorno mediante decisiones informadas y acciones orientadas hacia la justicia ambiental y social. (Guerrero & Sjöström, 2025).

## **2.5 Influencia de las percepciones del profesorado en formación**

En esta investigación, se reconoce que la formación docente va más allá de adquirir conocimientos y habilidades; es un proceso de transformación personal, en el que cada futuro profesor construye su identidad profesional a partir de sus experiencias, emociones y reflexiones. En este proceso, la dimensión subjetiva o “mundo interior” del

docente es fundamental. Sentir incertidumbre al planificar una salida a terreno, experimentar orgullo al superar un desafío práctico o enfrentar el miedo a no poder responder a los estudiantes, son vivencias que contribuyen a moldear su identidad como educador (Kelchtermans, 2009).

Según Korthagen (2014), la reflexión sobre estas vivencias—lo que él denomina *core reflection*— es fundamental para el crecimiento profesional, ya que conecta las aspiraciones personales con la práctica docente. En este espacio reflexivo, estudiar las percepciones de los futuros profesores se vuelve esencial: entender cómo interpretan, valoran y sienten sus experiencias permite comprender de manera integral su desarrollo hacia una enseñanza de las ciencias crítica y comprometida.

Al explorar esta dimensión subjetiva, es importante aclarar términos que a menudo se usan de manera intercambiable: concepciones, creencias y percepciones. Las concepciones son modelos mentales o representaciones cognitivas sobre fenómenos educativos (García, L., Azcárate, C., & Moreno, M., 2006); las creencias son convicciones relativamente estables sobre lo que se considera verdadero o falso en la enseñanza (Pajares, 1992); y las percepciones se refieren a la interpretación concreta de una experiencia pedagógica, que integra aspectos cognitivos, afectivos y evaluativos (Bandura, 1997).

A partir de lo anterior, se considera que el constructo de percepción es el más adecuado, ya que su carácter situado y evaluativo permite explorar las sensaciones, dudas y logros que surgen durante la práctica pedagógica.

De este modo, identificar estas percepciones es fundamental, ya que actúan como puente entre los conocimientos teóricos adquiridos y la práctica docente futura. Según Schön (1983), la reflexión en la acción surge al tomar conciencia de estas experiencias en tiempo real, convirtiendo al practicante en investigador de su propia práctica. Además, las percepciones brindan una visión privilegiada del proceso hacia la ACC, ya que muestran cómo los futuros docentes interpretan su propio cambio y revelan aspectos afectivos, como la confianza o la inseguridad, que influyen en su autoeficacia (Bandura, 1997).

Esta conexión es fundamental, porque una alta autoeficacia —la confianza en la propia capacidad para planificar y llevar a cabo acciones— no solo ayuda a perseverar frente a dificultades, sino que también constituye un requisito psicológico y profesional para la “acción sociopolítica” que Hodson (2003) identifica como objetivo principal de la ACC. Para que un futuro docente pueda promover cambios sociales desde el aula, primero debe reconocer que cuenta con las herramientas y la capacidad necesarias. En este sentido, la percepción de su propia eficacia se convierte en el motor que lo impulsa a ir más allá de la enseñanza tradicional y a comprometerse con una práctica pedagógica crítica y transformadora (Tschannen-Moran & Woolfolk Hoy, 2001).

De este modo, las percepciones de los futuros docentes son un elemento clave en su formación. Entender cómo una salida a terreno impacta en la Alfabetización Científica Crítica (ACC) implica analizar estas percepciones, pues reflejan la experiencia vivida y anticipan posibles enfoques en su futura práctica pedagógica.

## **2.6 Mediación didáctica**

La mediación didáctica se entiende como un proceso pedagógico de interacción social, consciente e intencional, con el propósito de generar experiencias de aprendizaje significativas en el estudiantado. Su base teórica combina la perspectiva sociocultural de Lev Vygotsky (1978) con los avances actuales en educación digital y formación docente. Vygotsky establece que los procesos mentales superiores son mediados por herramientas culturales, donde el aprendizaje es fundamentalmente social y la enseñanza, articulada en la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP), se convierte en el motor del desarrollo. Este principio se complementa con el concepto de andamiaje propuesto por Wood et al. (1976), que describe el apoyo temporal y adaptado que los expertos ofrecen para que los estudiantes construyan conocimiento de manera autónoma.

La literatura sobre desarrollo profesional docente señala que este aprendizaje mediado no sigue un camino lineal, sino que se parece a un proceso complejo y, a menudo, contradictorio. Kelchtermans (2009) sostiene que la construcción de la identidad profesional está marcada por tensiones entre las concepciones personales y las demandas del contexto, lo que genera avances, estancamientos y saltos cualitativos en lugar de un progreso continuo. Esta perspectiva ayuda a entender por qué los aprendizajes de los futuros docentes pueden mostrar progresos, retrocesos o momentos

de estancamiento, reflejando un proceso de negociación interna y reconfiguración de conocimientos y creencias, característico del desarrollo profesional.

Las investigaciones también destacan la importancia de una mediación pedagógica consciente. (Herrera San Martín, 2025) señala que integrar marcos teóricos centrados en la educación científica y la justicia social fomenta la conciencia crítica mediante procesos de metacognición pedagógica, especialmente cuando se promueven la ciencia contextualizada y las metodologías activas. Según esta autora, se debe transformar no solo el conocimiento de y sobre las ciencias, sino también la práctica docente, lo que requiere repensar el rol del profesorado como agente de cambio.

En este proceso participan distintos agentes mediadores. El profesorado organiza el ambiente de aprendizaje y fomenta habilidades de pensamiento, mientras que la interacción entre pares se convierte en un espacio valioso de cooperación. Estudios recientes evidencian que cuando los docentes actúan como facilitadores y guías hacia objetivos concretos, se aumenta tanto la motivación de los estudiantes como la consolidación de comunidades de aprendizaje auténticas (López Vázquez et al., 2021).

Para comprender la complejidad de la práctica mediadora, resulta útil considerar tres dimensiones interrelacionadas: el tipo de tarea pedagógica, la temporalidad de la interacción y el uso de artefactos culturales como mediadores del aprendizaje.

Las tareas pedagógicas son un elemento central, porque cada una moviliza diferentes procesos cognitivos. La taxonomía revisada de Anderson y Krathwohl (2001) proporciona un marco para organizar un itinerario formativo, que puede comenzar con actividades de problematización destinadas a generar conflicto cognitivo y activar conocimientos previos.

Estas actividades, inspiradas en los planteamientos piagetianos sobre el desequilibrio cognitivo, se basan en la idea de que el conflicto cognitivo surge cuando el estudiante se enfrenta a algo que no puede comprender o explicar con sus conocimientos previos, lo que genera la necesidad de aprender (López et al., 2021).

Este desequilibrio requiere un desafío intelectual adecuado y una posibilidad real de resolución, lo que motiva al estudiante a alcanzar el nuevo aprendizaje mediante estrategias que fomentan la reflexión, el análisis y el pensamiento crítico (López Vázquez et al., 2021).

Las tareas de teorización ayudan a los estudiantes a comprender y analizar conceptos, construyendo un andamiaje que conduce a un entendimiento más profundo. Por su parte, las tareas de aplicación y diseño se ubican en niveles cognitivos más altos, desafiando a los estudiantes a usar, evaluar y combinar conocimientos para resolver problemas complejos o crear productos originales.

La temporalidad también influye en la efectividad del aprendizaje (Baltodano-Enríquez, 2018). Un ritmo constante y predecible en la secuencia formativa favorece la progresión y consolidación de conocimientos, conecta ideas, refuerza la memoria a largo plazo y reduce la sobrecarga cognitiva, facilitando la retroalimentación y el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje (Baltodano-Enríquez, 2018; López Vázquez et al., 2021).

La implementación de metodologías activas y la personalización del aprendizaje requiere una planificación que considere los distintos ritmos de los estudiantes, asegurando así una experiencia educativa transformadora y significativa. Por el contrario, interrumpir este ritmo puede fragmentar la experiencia, dificultar la recuperación de contenidos previos y disminuir la motivación, afectando directamente la construcción de una estructura cognitiva coherente.

Finalmente, los artefactos culturales cumplen un papel mediador clave, ya que facilitan las relaciones entre profesor y alumnos o entre alumnos y el conocimiento. Entre estos se incluyen lenguajes naturales y formales, gráficos, textos, obras de arte y herramientas digitales, que actúan como mediaciones sociosemióticas en los procesos educativos (López et al., 2021; López Vázquez et al., 2021).

Dentro de estos artefactos, las guías de trabajo destacan como instrumentos pedagógicos diseñados para estructurar y orientar el aprendizaje. En el trabajo autónomo, organizan las tareas y secuencian los pasos, ayudando al estudiante a gestionar su propio proceso. En el trabajo colaborativo, sirven como organizadores de la

interacción, estableciendo metas comunes y facilitando la construcción colectiva del conocimiento (López et al., 2021).

Investigaciones recientes subrayan que estos dispositivos de mediación deben diseñarse de manera participativa y adaptarse a las necesidades de cada contexto educativo, promoviendo el diálogo reflexivo, la construcción colaborativa del saber, la metacognición y valores éticos (López Vázquez et al., 2021).

### **3 Metodología**

#### **3.1 Contexto de la investigación**

La presente investigación se enmarca en el proyecto FONDECYT 1231325 *“Identificación y caracterización de competencias argumentativas y explicativas en profesorado de química y biología en formación inicial. Su contribución al desarrollo profesional docente desde una perspectiva socio-científica”*. El estudio se llevó a cabo en un curso de Didáctica de la Biología de una universidad estatal chilena, donde se implementó un Taller de Reflexión Docente (TRD) diseñado con el objetivo de *“Problematizar la implementación de las Cuestiones Socio-Científicas (CSC) para el desarrollo de la argumentación y el pensamiento crítico en el aula de ciencias.”*

#### **3.2 Sujetos de investigación**

Los participantes del estudio corresponden a 12 profesores en formación inicial (PFI) de la carrera de Pedagogía en Química y Biología, quienes cursaban el 7° nivel de su plan de estudios. La selección se realizó mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencionado (McMillan, 2005), basado en su participación voluntaria en el curso. La muestra está compuesta por 6 participantes de género masculino y 6 de género femenino, con una edad promedio de 23 años. La investigación se desarrolló resguardando rigurosamente los principios éticos de confidencialidad y anonimato, para lo cual cada participante firmó un consentimiento informado que autoriza el uso de los datos con fines investigativos en el marco del proyecto FONDECYT mencionado.

#### **3.3 Diseño de la investigación**

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de carácter interpretativo, cuya finalidad, como señala Albert Gómez (2009), es interpretar y comprender los fenómenos educativos en profundidad, más que aportar explicaciones de tipo causal. Este enfoque, según el autor, se centra en el análisis de los significados de las acciones humanas y de la vida social, reconociendo que la realidad es diversa y construida por quienes la viven. El objetivo no es la medición de variables, sino la comprensión profunda de los fenómenos desde los marcos de referencia de los propios profesores en formación implicados. Esta aproximación es la más idónea para explorar el tránsito hacia la Alfabetización Científica Crítica, un proceso complejo que involucra tanto la evolución de competencias como la transformación de percepciones subjetivas.

Dentro de este marco, el diseño metodológico seleccionado es el Estudio de Caso, autores como McMillan y Schumacher (2005) lo definen como una indagación empírica que investiga un fenómeno contemporáneo en profundidad y dentro de su contexto real. Para esta investigación, el caso está constituido por el grupo de profesores en formación que participaron en el taller de reflexión docente durante un semestre académico.

Basándose en la clasificación de Stake (1995), este trabajo se configura como un estudio de caso intrínseco, ya que el interés fundamental no es generar una teoría generalizable, sino comprender este caso particular en toda su complejidad y singularidad. El objetivo es, entonces, ahondar en cómo se produce el desarrollo hacia la ACC en este grupo concreto de futuros profesores, dentro del contexto específico del taller de reflexión.

### 3.4 Etapas del Taller de Reflexión Docente

El Taller de Reflexión Docente fue un proceso integrado y progresivo, diseñado para guiar al profesorado en formación desde la teoría hasta la proyección de su práctica pedagógica. El taller se desarrolló en cuatro sesiones presenciales, estas subdivididas en tres momentos cada una, una Salida a Terreno, y un grupo focal final.

Para profundizar en la estructura del taller, se detalla en la tabla 4, cada una de las sesiones y momentos, indicando las actividades clave desarrolladas y los insumos teóricos utilizados.

*Tabla 3.1: Resumen de las etapas del taller de reflexión docente.*

Etapa	Objetivo	Actividades	Insumos/lecturas
Etapa 1: Sesión 1	Problematizar la relación entre pensamiento científico, pensamiento crítico y las Controversias Sociocientíficas (CSC).	- Discusión grupal sobre el desarrollo del pensamiento científico y crítico en clases de Biología - Lectura y trabajo grupal para explicar la relación entre CSC, pensamiento crítico y científico.	Solbes (2013), (Díaz-Moreno & Jiménez-Liso, 2014).
Etapa 2: Salida a terreno	Aplicar conceptos iniciales en un contexto real, identificando una	- Visita al Parque Natural Las Hualtatas.	Experiencia práctica en terreno.

	CSC local para recabar datos y evidencias.	- Levantamiento de una CSC local en parejas.	
Etapa 3: Sesión 2	Problematizar el uso de las CSC para desarrollar la argumentación científica.	- Discusión sobre la sesión anterior. - Exposición y teorización grupal sobre la argumentación.	Jimenez-Tenório y Vicente Matorrel (2020).
Etapa 4: Sesión 3	Profundizar en el rol de la argumentación como puente entre la práctica (análisis de CSC) y la teoría (diseño didáctico).	- Reflexión individual sobre la importancia de argumentar. - Trabajo en parejas y discusión para sistematizar conceptos.	Domènech-Casal, J. (2017).
Etapa 5: Sesión 4	Relacionar los elementos de la argumentación con el diseño didáctico.	- Discusión sobre las dificultades al diseñar y enseñar una unidad didáctica basada en CSC. - Reflexión individual (ticket de salida) sobre la función de la argumentación y las características de los instrumentos para abordar las CSC.	Moreno et al. (2019).

Es importante mencionar, que el TRD se vio interrumpido debido a una paralización estudiantil de la universidad, esta se prolongó por dos meses aproximadamente, entre la Salida a Terreno y la Sesión 3.

### 3.5 Instrumentos de recolección de datos

Las sesiones del taller se subdividieron en tres momentos cada una, donde se aplicaron diversos instrumentos que permitieron abordar la complejidad del proceso. Estos instrumentos son parte del proyecto FONDECYT, por lo que cada uno tiene un código identificador asociado. En la figura 3.1 se indica en que sesión y momento se aplicó cada instrumento, mientras que en el Anexo 1 se hace una descripción detallada de cada uno de estos.

De igual manera, durante la Salida a Terreno se implementó un instrumento específico el cual fue entregado entre las sesiones 3 y 4, denominado "Cuestiones sociocientíficas en contexto", el cual se describe en el capítulo siguiente.

Una vez finalizado el TRD, se realizó un grupo focal semiestructurado con 6 de los 12 profesores en formación, este se llevó a cabo cuatro meses después de la finalización del taller. Esta técnica permitió profundizar en sus percepciones sobre el valor formativo de la experiencia, las dificultades enfrentadas y la contribución del taller al tránsito de su propia ACC.

Adicionalmente, cada instancia del proceso fue registrada en audio y vídeo, para posteriormente ser transcrita, con el propósito de ser un insumo para investigaciones futuras.

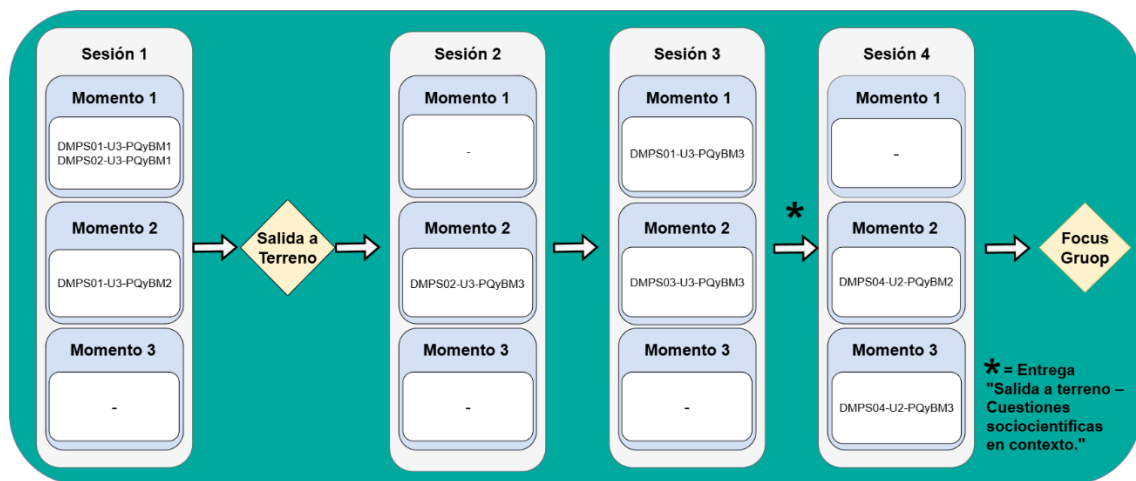


Figura 3.1: Secuencia de las cuatro sesiones de trabajo, cada una dividida en tres momentos pedagógicos y los respectivos instrumentos trabajados en cada uno.

### 3.5.1 Salida a terreno

Esta mediación didáctica tuvo lugar después de la sesión 1, y se llevó a cabo en el Parque Natural Las Hualtatas ubicado en la comuna de Lo Barnechea, Santiago. En esta etapa se comenzó a trabajar el instrumento “Controversias Sociocientíficas en contexto”. El cual corresponde a una guía de trabajo estructurada en múltiples fases, diseñada para iniciar el trabajo en terreno y su posterior profundización y análisis en el aula.

El objetivo principal es que los PFI, en parejas, identifiquen una Controversia Sociocientífica a partir de la observación y el análisis de un ecosistema modificado. De esta manera, al identificar y problematizar una situación real y compleja se aborda de manera directa la alfabetización científica. La primera fase del instrumento guía el trabajo de campo, proporcionando un marco teórico sobre servicios ecosistémicos y detallando los procedimientos para identificar y documentar una CSC en un lugar específico. Esto

incluye el uso de herramientas cartográficas y digitales para la geolocalización, la recolección de evidencias contextualizadas (muestras, datos, fotografías) y la identificación de conocimientos necesarios para el análisis.

La segunda fase se desarrolla en una clase posterior, donde los participantes deben procesar la información recopilada. Se les solicita que redacten argumentos multidimensionales (éticos, sociales, políticos, ambientales, económicos, tecnológicos y científicos) en relación con la CSC identificada. Este análisis integral, que trasciende lo científico para incluir dimensiones valóricas y sociales, es un rasgo distintivo de la ACC, pues promueve la comprensión de la ciencia como una actividad humana, socialmente situada.

Finalmente, el instrumento cierra con una serie de preguntas de reflexión. Estas buscan que los PFI evalúen la contribución de la salida a terreno a la comprensión del problema y, desde su rol como futuros docentes, argumenten sobre la importancia didáctica de enseñar biología mediante el abordaje de Controversias Sociocientíficas en contextos reales.

### **3.5.2 Focus Group**

Como actividad de cierre del taller y siendo el instrumento principal para recoger datos del Objetivo Específico 3, se llevó a cabo una sesión de grupo focal. La sesión se organizó en las siguientes etapas:

1. Inicialmente, se solicitó a los estudiantes revisar sus propias respuestas en los distintos instrumentos aplicados a lo largo del TRD. El objetivo de esta etapa era que tomaran conciencia del tránsito de sus propias ideas durante el taller.
2. Posteriormente, de forma individual, se les solicitó que elaboraran un mapa conceptual con la finalidad de representar visualmente las conexiones entre los dos temas principales del taller: la argumentación científica y las controversias sociocientíficas.
3. Finalmente, cada estudiante expuso su mapa conceptual, lo que dio paso a una discusión grupal guiada por preguntas abiertas. Estas buscaban indagar en sus percepciones sobre la experiencia global, tales como los aprendizajes más significativos del taller, el valor que le atribuían a las estrategias utilizadas, las principales dificultades enfrentadas y cómo proyectaban estos aprendizajes en su futura práctica docente.

### 3.6 Técnicas para el análisis de datos

Para abordar los objetivos de la investigación y analizar todos los instrumentos mencionados, se utilizó un enfoque de análisis de datos cualitativo, combinando dos técnicas: el análisis de contenido cualitativo para las evidencias escritas y el análisis temático para los discursos del grupo focal.

#### 3.6.1 Análisis de las evidencias de aprendizaje: Análisis de contenido cualitativo

Para responder al primer y segundo objetivo específico, relacionados con determinar el tránsito de la ACC y caracterizar las estrategias de mediación, se analizaron los trabajos escritos de los PFI a lo largo de todo el taller. La técnica seleccionada fue el Análisis de Contenido Cualitativo, siguiendo un enfoque principalmente deductivo.

Para esto, se establecieron categorías a priori, a partir del marco teórico central de la investigación, las tres Visiones de la Alfabetización Científica (AC) de Roberts (2007) y Sjöström y Eilks (2018). Se desarrolló un sistema de códigos asociado a cada visión, lo que permitió reconocer de forma sistemática la presencia de discursos relacionados con la Visión I, II y III. En la tabla 3.2 se desglosa la totalidad de códigos, y la definición de cada uno está en el Anexo 2.

*Tabla 3.2: Sistema de códigos asociados a las tres visiones de la alfabetización científica, donde AC1 corresponde a la Visión I, AC2 a la Visión II y AC3 a la Visión III.*

Visión	Código
Visión I: Práctica - disciplinar	AC1_DefineConcepto
	AC1_DescribeProceso
	AC1_EstructuraArgumento
Visión II: Cívica-Sociocientíficas	AC2_ExpresaPostura
	AC2_ArgumentaConEvidencia
	AC2_EvaluaImpacto
	AC2_ReconocePerspectivas
	AC2_ContextualizaLocal
Visión III: Crítica-Transformadora	AC3_ConectaConTerritorio
	AC3_CuestionaPoder
	AC3_ProponeAcción
	AC3_IncluyeJusticia

De igual manera, se definió como unidad de análisis el segmento de texto que podía corresponder a una oración o un párrafo breve donde el PFI expresaba una idea, un argumento o una reflexión identificable.

Para la etapa de codificación se utilizaron las transcripciones de las respuestas de los PFI, correspondientes a un grupo de preguntas seleccionadas previamente de todas las disponibles en los instrumentos aplicados. La justificación de esta selección se detalla en un documento incluido en el Anexo 3 “Preguntas seleccionadas y justificación”.

De esta manera, se procedió a una lectura detallada de las respuestas a las preguntas consideradas más pertinentes para el estudio, cuya justificación se detalla en el Anexo 4. Para gestionar y sistematizar este proceso, se utilizó el software de análisis de datos cualitativos ATLAS.ti (ATLAS.ti Scientific Software Development GmbH, 2025), una herramienta que facilita el análisis sistemático de grandes volúmenes de información textual mediante funciones de segmentación, codificación y organización de datos. Cada unidad de análisis fue segmentada y se le asignó, dentro del software, el código predefinido que mejor representara su contenido.

Una vez codificado todo el material, el mismo software ATLAS.ti se utilizó para realizar un recuento de la frecuencia de aparición de cada código en las distintas etapas del taller (Sesión 1, Sesión 2, etc.). Esta cuantificación permitió visualizar patrones, identificar los momentos de predominancia de cada visión y describir objetivamente el tránsito de los PFI.

### **3.6.2 Análisis de las percepciones: Análisis temático**

Para abordar el tercer objetivo específico, se utilizó un análisis temático con un enfoque inductivo, centrado en explorar las percepciones que emergían directamente de los profesores en formación durante el grupo focal. El proceso se guio por las fases propuestas por Braun y Clarke (2006).

En primer lugar, se realizó una lectura exhaustiva de la transcripción del focus grupo para realizar una codificación abierta del texto, identificando y seleccionando las citas más relevantes del discurso de los PFI.

Luego, las citas identificadas se organizaron según su similitud semántica y su conexión con la pregunta de investigación. A través de un proceso de comparación continua, se pudieron identificar patrones y establecer los temas principales que mejor representaban el significado de cada grupo de citas.

Finalmente, se elaboró un análisis interpretativo de los temas y citas identificados. Esto permitió interpretar su relevancia, vincularlos con los constructos teóricos de la investigación y articular su aporte a la comprensión del valor formativo del taller.

### **3.6.3 Triangulación de los datos**

Con el objetivo de fortalecer la solidez de los resultados y profundizar en la comprensión del estudio de caso, se implementó una estrategia de triangulación de datos (Denzin, 2009). En la triangulación se incluyeron los resultados del análisis de contenido cualitativo aplicado a las evidencias escritas, que permitieron seguir de manera sistemática el tránsito de las visiones de los PFI en relación a la alfabetización científica (Objetivos Específicos 1 y 2); y por otro lado, los resultados del análisis temático del grupo focal, que permitieron identificar los temas emergentes que reflejaban las percepciones, valoraciones y significados personales que los PFI construyeron en torno a su experiencia formativa (Objetivo Específico 3).

El propósito de esta triangulación fue identificar puntos de convergencia y complementariedad entre ambas fuentes de información. Se buscó que las experiencias relatadas por los PFI otorgaran sentido, profundidad y respaldo a los patrones de tránsito identificados en sus producciones escritas.

La combinación de ambos análisis facilitó desarrollar una interpretación más consistente, coherente y completa, respondiendo al objetivo general de la investigación desde una perspectiva que conecta tanto la evidencia del proceso formativo como el significado que los profesores en formación, le otorgaron.

## 4 Resultados y discusión

Para entender los resultados que se presentan a continuación, es importante reconstruir la cronología del TRD. Este inició con una primera sesión de carácter teórico-reflexivo y continuó con una salida a terreno al Parque Natural Las Hualtatas, donde los PFI realizaron el levantamiento de una CSC.

En este punto, el proceso se vio interrumpido por un paro estudiantil que se extendió por cerca de dos meses. Para cuando se reanuda en la Sesión 2, se discute la experiencia vivida en la salida a terreno y vincula con la argumentación científica.

Durante este período, los PFI trabajaron en el análisis de la CSC levantada, cuyo producto final fue entregado entre las Sesiones 3 y 4, siendo estas últimas sesiones la etapa de síntesis y aplicación de lo aprendido mediante el diseño de una propuesta didáctica.

### 4.1 Panorama general del tránsito

El análisis de las evidencias de aprendizaje escritas de los PFI a lo largo del taller revela un proceso complejo y dinámico. Los datos presentes en la figura 3 muestran un patrón fluctuante en el tránsito entre las tres visiones de alfabetización científica que estructuran este estudio: la Visión I centrada en contenidos y procesos científicos; la Visión II busca conectar el conocimiento científico con la vida diaria y la sociedad; y la Visión III se orienta hacia los valores, la política y la formación ciudadana crítica (Sjöström & Eilks, 2018).

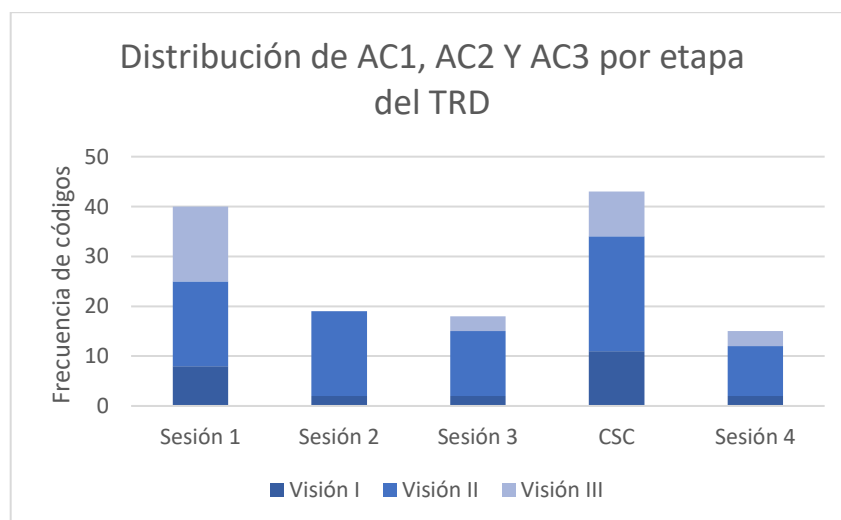


Figura 4.1: Frecuencia y distribución de los códigos AC1, AC2 Y AC3 asociados a las Visiones I, II y III de la Alfabetización Científica respectivamente, por cada etapa del Taller de Reflexión Docente.

Como se observa, el número de intervenciones varía considerablemente a lo largo del proceso: comienza alto en la primera sesión, decrece en las sesiones 2 y 3, alcanza su máximo en la etapa CSC, y termina con el menor registro en la sesión 4. Sin embargo, más significativo que estas variaciones cuantitativas es el predominio de cada visión en cada momento del taller.

La primera sesión presenta una distribución equilibrada entre las tres visiones. A partir de la segunda sesión ocurre un cambio clave: la Visión II se vuelve predominante y se mantiene como base durante todo el proceso. Posteriormente, en la etapa CSC no solo aumentan las intervenciones totales, sino que se reactiva fuertemente la Visión III sobre la base dominante de la Visión II.

Este panorama revela un proceso donde el desarrollo de la ACC va madurando y enfocándose progresivamente, mostrando que la transformación epistémica no sigue una línea recta, sino que fluctúa y se construye sobre bases previas.

La tabla 4.1 detalla la frecuencia de cada código según las visiones de alfabetización científica, cuyos patrones se analizan en profundidad en las secciones posteriores.

*Tabla 4.1. Frecuencias por código a través de las sesiones.*

Código	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	CSC	Sesión 4	Total
AC1_DefineConcepto	5	0	0	7	0	12
AC1_DescribeProceso	3	1	2	4	0	10
AC1_EstructuraArgumento	0	1	0	0	2	3
AC2_ArgumentaConEvidencia	5	2	7	1	0	15
AC2_ContextualizaLocal	5	3	1	0	4	13
AC2_EvaluImpacto	3	5	0	20	0	28
AC2_ExpresaPostura	3	4	2	0	3	12
AC2_ReconocePerspectivas	1	3	3	2	3	12
AC3_ArgumentoParalaAcción	0	0	0	1	0	1
AC3_ConectaConTerritorio	4	0	0	0	0	4
AC3_CuestionaPoder	9	0	2	0	0	11
AC3_IncluyeJusticia	0	0	0	6	0	6
AC3_ProponeAcción	2	0	1	2	3	8
<b>Total</b>	40	19	18	43	15	135

#### 4.1.1 La tensión inicial: Problematización

La primera sesión se caracterizó por un contraste entre la Visión I y III, ya que por un lado se manifestó un discurso centrado en definiciones teóricas sobre conceptos científicos (AC1\_DefineConcepto = 5), mientras que, por otro lado, y con mayor

frecuencia, emergió un discurso crítico que cuestionaba las estructuras de poder de la autoridad científica (AC3\_CuestionaPoder = 9).

Esta tensión se hizo evidente en la reflexión del PFI 07: *"hay una contradicción básica, en general se asegura que la ciencia es 'perfecta', lógica y precisa, por lo tanto, al utilizar habilidades (...) se busca poner en duda o cuestionar las aseveraciones"*. Esta observación mostró que el punto de partida no era una comprensión disciplinar pura, sino un espacio de tensión entre entender la ciencia y cuestionar su autoridad, aunque esto aún se limita a lo que es las clases de ciencias, como lo demuestra el PFI 09: *"Una posible contradicción es que todos los fundamentos que se presentan en clase no se cuestionan, se dan por hecho y se desarrollan diversas habilidades en base a estos."*

Hodson (2003) identifica este momento como clave para que los estudiantes perciban la dimensión política del conocimiento científico. Aunque los PFI ya tenían actitud crítica, carecían de herramientas metodológicas para profundizar y expandir a otras dimensiones. En este contexto, la perspectiva de Whole Science de Allchin (2011), característica de la Visión II, funcionó como puente metodológico necesario, permitiendo examinar la confiabilidad del conocimiento científico en situaciones concretas, incluyendo factores sociales y posibles sesgos.

Esta problematización inicial refleja lo que Freire (1998) denominó la fase necesaria para desarrollar conciencia crítica. Sin embargo, representa más bien el primer paso de un proceso que requiere mayor profundización para alcanzar una transformación epistémica completa (Darder, 2014; Muller, 2025).

#### **4.1.2 El Giro cívico-contextual: La consolidación de la Visión II**

Antes de profundizar en lo ocurrido respecto a la sesión 2, es importante recordar que el proceso estuvo detenido por una paralización escolar, este entre la primera y segunda sesión, teniendo una duración aproximada de dos meses. Aunque no fue algo planificado, este largo período sin encuentros presenciales es un factor importante a tener en cuenta, pues su impacto pudo ser doble. Por un lado, pudo ofrecer un tiempo no previsto para la reflexión y la maduración de ideas; pero, al mismo tiempo, también pudo significar una pausa que interrumpió la construcción colectiva que se venía realizando. Esta interrupción en el ritmo formativo, que puede fragmentar la experiencia

y dificultar la recuperación de contenidos previos (Baltodano-Enríquez, 2018), constituye un marco esencial para comprender el tránsito del pensamiento de los PFI que se presenta a continuación.

Sin embargo, el cambio hacia la segunda sesión fue significativo, los códigos de Visión I se redujeron, mientras que se fortaleció una perspectiva cívico-contextual. Esta nueva perspectiva se manifestó a través de dos dimensiones complementarias:

- Análisis situado del problema: Los PFI comenzaron a evaluar impactos socioambientales (AC2\_EvalúaImpacto = 5) y a contextualizar los fenómenos a nivel local (AC2\_ContextualizaLocal = 3). Este enfoque les permitió conectar los conceptos científicos con situaciones concretas de su entorno.
- Deliberación cívica: Se intensificó la expresión de posturas personales (AC2\_ExpresaPostura = 4) y el reconocimiento de diferentes perspectivas (AC2\_ReconocePerspectivas = 3). Los PFI comenzaron a posicionarse como ciudadanos que deben tomar decisiones informadas.

Esta transformación representó un desplazamiento del foco desde la comprensión teórica abstracta hacia la aplicación cívica del conocimiento científico en contextos específicos, característica clave de la Visión II (Roberts, 2007). Como expresó el PFI 08: *"permite contextualizar en los/las estudiantes la importancia e incumbencia de las ciencias sobre su cotidianidad"*, y el PFI 03: *"Permite que los estudiantes formen su opinión (desarrollar su opinión) de manera informada, relacionen el contenido con la vida cotidiana"*.

La salida a terreno realizada entre ambas sesiones fue el movilizador de este cambio. El contacto directo con la realidad facilitó el paso desde un conocimiento abstracto hacia una concepción con sentido cívico y contextual. Este paso hacia la Visión II resultó clave porque las respuestas de los PFI se volvieron situadas y relevantes, enfocándose en describir y evaluar las consecuencias del fenómeno, y como dice el PFI 04: *"la ciencia no estudia fenómenos aislados de la sociedad, sino que dichos fenómenos se encuentran insertos en ella. De esta manera las CSC constituyen un vínculo importante y claro de estas dimensiones (ciencia y sociedad)."* estableciendo así una base cívico-contextual fundamental para el posterior desarrollo hacia una ACC de Visión III (Sjöström & Eilks, 2018).

#### **4.1.3 El fortalecimiento argumentativo: Desarrollando herramientas críticas**

La tercera sesión funcionó como pausa metodológica dentro de la Visión II. Durante esta etapa, los PFI se concentraron en desarrollar capacidades para el uso sistemático de evidencias científicas (AC2\_ArgumentaConEvidencia = 7). Esta consolidación argumentativa se refleja en la síntesis del PFI 12: *"en diferentes situaciones uno puede tomar decisiones sobre lo que tenga que hacerse usando datos y modelos científicos como prueba de nuestra decisión, incluyendo nuestra propia ética"*.

El fortalecimiento de la argumentación basada en evidencias actuó como puente entre la comprensión conceptual y la aplicación crítica del conocimiento (Vila et al., 2023). Esta capacidad se convirtió en una base clave para análisis posteriores más complejos, capaces de integrar dimensiones éticas y de justicia social.

Esta etapa fue fundamental porque proporcionó a los PFI las herramientas metodológicas necesarias para sustentar sus posiciones con rigor científico, preparando el terreno para el salto cualitativo que vendría en la siguiente fase.

#### **4.1.4 El salto cualitativo: Emergencia de la conciencia de justicia**

La entrega del producto "Cuestiones sociocientíficas en contexto" marcó el punto de mayor intensidad y complejidad analítica del proceso. Aunque el análisis de impactos socioambientales (AC2\_EvalúaImpacto = 20) fue el eje central, el salto cualitativo más significativo se dio con la considerable aparición de códigos vinculados a la Visión III, específicamente AC3\_IncluyeJusticia (6).

La evidencia más clara de este tránsito apareció cuando los PFI 02 y 04 declararon: *"Las diferencias en la exposición a la contaminación crean inequidad e injusticia medioambiental"*. Este momento refleja el potencial transformador de las CSC en la formación docente (Olivares-Petit et al., 2024): problemas de gran relevancia social que exigen articular pensamiento científico y crítico para considerar dimensiones éticas, sociales y políticas.

El grupo experimentó una primera transformación epistémica importante, ya que dejó de preguntarse solo "qué consecuencias tiene" un fenómeno científico para comenzar a cuestionarse críticamente si "estas consecuencias son justas". Esta evolución marca el

momento en que los profesores en formación comenzaron a ver la ciencia no solo como una herramienta de comprensión del mundo, sino como un elemento que puede perpetuar o combatir la injusticia social.

No obstante, esta conciencia de justicia social corresponde a los primeros indicios de un proceso de concientización que, para consolidarse, requiere desarrollo que se alcanza con el tiempo y la madurez profesional (Kelchtermans, 2009).

#### **4.1.5 La síntesis reflexiva: Primeros indicios de acción sociopolítica**

La cuarta sesión, concebida como fase de síntesis reflexiva, mostró un entrelazamiento significativo entre las perspectivas de las Visiones II y III. La presencia de AC3\_ProponeAcción (3) y AC2\_ReconocePerspectivas (3) evidenció que las propuestas no fueron solo soluciones técnicas, sino respuestas conscientes y éticamente fundamentadas, orientadas hacia *"la capacidad de llegar a consensos por un bien mayor"* (PFI 10).

Esta fase mostró los primeros signos de lo que Hodson (2003) denomina "acción sociopolítica": los PFI no solo comprendían los fenómenos científicos y sus efectos sociales, sino que comenzaban a crear propuestas concretas dirigidas hacia el cambio social, como lo podemos ver en el PFI 04: *"Una contradicción puede ser la preocupación por la cantidad de basura que generamos, pero seguimos viviendo en esa misma lógica, abordar esto de la manera indicada podría generar una conciencia más significativa y transformadora"*. Este desarrollo representa un avance significativo hacia la formación de ciudadanos científicamente alfabetizados que pueden participar activamente en la transformación de su entorno

Sin embargo, estas propuestas representan intentos iniciales de unir conocimiento científico y acción transformadora más que una capacidad consolidada. En esta misma línea, un dato revelador es que AC3\_ArgumentoParalaAcción apareció solo una vez a lo largo de todo el taller, sugiriendo que argumentar y justificar la acción constituye una competencia cognitiva mucho más compleja que simplemente proponerla.

Esto ya que, la "argumentación para la acción" es una competencia de nivel superior que requiere integrar todas las habilidades del pensamiento crítico propuestas por Facione

(1990): interpretar la complejidad del problema, analizar evidencias, evaluar credibilidad de fuentes y consecuencias, sacar conclusiones lógicas y explicar coherentemente el razonamiento que justifica la acción propuesta. Su escasa aparición confirma su alta exigencia cognitiva y la necesidad de más tiempo y experiencias para desarrollarla completamente.

#### **4.1.6 Implicaciones del proceso de transformación epistémica**

Los resultados muestran un cambio epistémico claro, pero en proceso de consolidación. Desde una tensión inicial entre Visión I y Visión III, los PFI avanzaron hacia una consolidación de la Visión II y posteriormente hacia una integración emergente entre las Visiones II y III.

Este tránsito hacia la ACC no sigue una progresión lineal ni constituye una transformación definitiva. Se trata de un proceso complejo marcado por tensiones, avances parciales y momentos de síntesis (Olivares-Petit et al., 2024). Las evidencias ofrecen una oportunidad única para observar los primeros cambios en cómo los futuros docentes comprenden la naturaleza, propósitos y aplicaciones del conocimiento científico en contextos educativos (Sjöström & Eilks, 2018).

Este proceso de transformación epistémica se encuentra en etapas iniciales. Los hallazgos sugieren un tránsito hacia la ACC más que su consolidación, en línea con investigaciones que señalan que desarrollar una perspectiva crítica y transformadora requiere experiencias sostenidas y contextos institucionales que favorezcan la reflexión sobre las relaciones entre ciencia, poder y justicia social (Muller, 2025; Guerrero & Sjöström, 2025).

#### **4.1.7 Los desafíos del camino hacia la Visión III**

Avanzar hacia la Visión III implica una transformación más profunda que la mera aplicación de conocimientos: supone cuestionar las estructuras de poder vinculadas a la producción y uso de la ciencia hasta llegar a la acción transformadora de las realidades sociales. Este salto demanda no solo reflexión, sino desarrollo de disposiciones críticas, confrontación con creencias sobre neutralidad científica y construcción de una identidad docente como agente de cambio sociopolítico, procesos que exceden los márgenes de una intervención formativa limitada (Guerrero & Sjöström, 2025).

Aunque los PFI mostraron mayor sensibilidad hacia las dimensiones éticas y de justicia social de la ciencia, consolidar una perspectiva crítica y transformadora requiere experiencias formativas adicionales. Estas experiencias deben fortalecer tanto la comprensión de estructuras de poder como la capacidad de actuar en escenarios sociopolíticos (Muller, 2025; Darder, 2014).

Por tanto, la ACC debe entenderse como objetivo formativo de largo plazo que exige estrategias pedagógicas sostenidas y espacios de reflexión crítica continua (Hodson, 2003). El proceso observado en este taller representa solo los primeros pasos de un camino que requiere tiempo, experiencias diversas y un compromiso institucional prolongado.

#### **4.2 Caracterización de las estrategias de mediación didáctica y su influencia en el tránsito de la ACC**

Una vez determinado el tránsito discursivo de los PFI, el segundo objetivo de esta investigación es caracterizar las estrategias de mediación didáctica que favorecieron dicho proceso. El diseño del Taller de Reflexión Docente no fue una secuencia de actividades aisladas, sino una planificación formativa intencionada, donde cada etapa y dispositivo pedagógico cumplió una función específica para impulsar el tránsito de la ACC (Vygotsky, 1978; Wood et al., 1976). De esta manera, se analiza cada estrategia utilizada en función de su contribución al tránsito observado.

El tránsito de los PFI inició en la Sesión 1 mediante una estrategia de problematización dirigida a cuestionar la noción de pensamiento científico y pensamiento crítico y su relación con las controversias sociocientíficas. Para ello, la mediación didáctica se centró en preguntas diseñadas explícitamente para generar un "choque conceptual", como: "*¿Qué contradicciones identificas en el abordaje del pensamiento científico y el pensamiento crítico en las clases de Biología?*". Esta pregunta fue clave para iniciar el cambio, provocando la tensión observada en los resultados: por un lado, los PFI recurrieron a la seguridad de la Visión I al definir conceptos (AC1\_DefineConcepto = 5); por otro, la propia naturaleza de la tarea los llevó a un cuestionamiento más cercano a la Visión III, en torno a la autoridad y el poder en la ciencia (AC3\_CuestionaPoder = 9). Esta dualidad se mostró de manera explícita cuando el PF10 señaló: "*en las clases*

*tradicionales de biología se pone todo como si fueran hechos, cuando el pensamiento crítico-científico nos dice que nada es 100% cierto*", lo que muestra un rechazo a una visión dogmática de la ciencia. En este sentido, la estrategia de problematización no solo marcó el inicio del cambio, sino que también creó el escenario para la aparición de la "tensión productiva" que Freire (1970) reconoce como el punto de partida para la concientización (Freire, 1973; Darder, 2014).

El cambio epistemológico más importante en el tránsito de los PFI fue impulsado por la mediación de anclaje territorial que proporcionó la salida a terreno. Esta experiencia inmersiva, basada en la identificación de una CSC en parejas forzó a los estudiantes a aplicar herramientas científicas en un contexto real, lo que consolidó la Visión II. Como resultado, y a pesar de la interrupción por el paro estudiantil, el discurso de la Sesión 2 se articuló mayoritariamente en torno a la evaluación de impactos (AC2\_EvaluáImpacto = 5) y a la contextualización local (AC2\_ContextualizaLocal = 3). La salida a terreno se convirtió así, en la mediación decisiva que conectó la ciencia con la vida cotidiana, pilar de la Visión II (Roberts, 2007). Este propósito quedó reflejado en la afirmación de la PFI 07: *"al plantear una controversia, se vincula al estudiante con la problemática en cuestión, por lo tanto, la hace parte de la controversia"*, mostrando cómo la experiencia ancló el aprendizaje en un marco de relevancia personal.

Sobre esta base contextual, la Sesión 3 introdujo un andamiaje metodológico explícito, en el uso sistemático de evidencias para argumentar (AC2\_ArgumentaConEvidencia = 7). Este momento metodológico se apoyó en la profundización teórica (Domènech, 2021) y en preguntas reflexivas, tales como: *"¿Cómo estos elementos de la argumentación pueden aportar al desarrollo de una ciudadanía crítica, de consenso y emancipadora?"*. La efectividad de esta mediación se mostró en la comprensión de que *"argumentar ayuda mucho a los estudiantes para poder tener las herramientas para tomar decisiones de forma consciente e informada"*, como menciona el PFI 03. Al vincular la argumentación con conceptos propios de la Visión III, los PFI adquirieron herramientas cognitivas clave para el análisis riguroso de la complejidad posterior.

De esta manera, la estrategia de inmersión crítica desarrollada en el trabajo sobre el producto final de la salida a terreno (etapa CSC) promovió el salto cualitativo más importante en el TRD. Aunque la tarea exigía un análisis exhaustivo del impacto

socioambiental (AC2\_EvalúaImpacto = 20), fue la mediación mediante preguntas sobre los aspectos éticos y morales la que funcionó como el puente conceptual más importante entre las visiones II y III (Olivares-Petit et al., 2024). La gran aparición del código AC3\_IncluyeJusticia (6) evidencia cómo los PFI fueron más allá de la descripción cívica de la Visión II hacia una interpelación ética y política característica de la Visión III. Este avance se evidenció en lo mencionado por las PFI 07 y 09: *“si bien las personas tienen el derecho de disfrutar de actividades recreativas al aire libre, este derecho debe equilibrarse con la responsabilidad de preservar el medio ambiente para el beneficio de toda la sociedad”*.

Finalmente, el proceso culminó con la síntesis deliberativa de la Sesión 4, centrada en el diseño didáctico. En esta etapa, las preguntas fueron concebidas como una prueba final del tránsito conceptual, por ejemplo: *“¿Cuál piensas que es la función principal de la argumentación científica escolar para el abordaje de las CSC?”*. Esta mediación favoreció el entrelazamiento de las visiones II y III y la aparición de códigos como AC3\_ProponeAcción (3), que constituyen los primeros indicios de una “acción sociopolítica” (Hodson, 2003). La importancia de este cierre se manifestó en críticas como la siguiente del PFI 05: *“se suelen presentar CSC que son cercanas a los estudiantes, pero no se les lleva ni se hace partícipe de ellas”*, lo que revela la necesidad de una educación que no solo genere conciencia, sino que también impulse a la acción transformadora.

Al analizar en conjunto los resultados de los dos primeros objetivos, no solo es posible describir los hallazgos, sino también construir una mirada más integrada que les da sentido. La relación entre el tránsito de la ACC presente en el discurso de los PFI y las estrategias de mediación que lo hicieron posible permite reconocer un modelo pedagógico para el desarrollo de la ACC, el cual representa un aporte central de esta investigación.

De esta manera, el hallazgo central de esta investigación está en el papel de la Visión II, que se mostró como un puente necesario para llegar a la Visión III (Sjöström & Eilks, 2018). Los resultados indican que la consolidación de competencias cívicas y contextuales —como la capacidad de evaluar impactos locales o de reconocer distintas perspectivas— fue la base que permitió abrir paso a una conciencia orientada hacia la

justicia social. Dentro de este proceso, la estrategia de anclaje territorial ocupó un lugar clave: al enfrentar a los PFI con problemas concretos, creó las condiciones para que el análisis de un impacto específico (AC2\_EvalúaImpacto) pudiera transformarse en una reflexión crítica sobre la justicia de ese mismo impacto (AC3\_IncluyeJusticia) (Domènech-Casal, 2017).

A partir de estos resultados, se perfila un modelo de progresión didáctica de la ACC que entiende la formación de una ciudadanía científicamente crítica como un camino que avanza paso a paso (Guerrero & Sjöström, 2025). En este marco, el desarrollo de una mirada transformadora solo es posible cuando previamente se ha fortalecido la capacidad de análisis cívico y contextual. La secuencia de estrategias implementada (problematización → contextualización → andamiaje → inmersión crítica → síntesis) se perfila como una ruta pedagógica que permite transitar entre las visiones de Roberts (2007) y Sjöström y Eilks (2018). Al mismo tiempo, el taller puede comprenderse como un proceso de *concientización* freireana, en el que el paso de preguntarse "¿qué consecuencias tiene?" a "¿estas consecuencias son justas?" constituye una manifestación empírica de ese despertar crítico (Freire, 1970; Darder, 2014).

Por último, el estudio confirma lo desafiante que resulta alcanzar la acción sociopolítica que Hodson (2003, 2020) plantea como meta final de la ACC. El dato del código AC3\_ArgumentoParalaAcción, presente solo una vez, se vuelve especialmente revelador, pues muestra la distancia que existe entre proponer una acción y contar con los argumentos necesarios para sostenerla públicamente. Este hallazgo agrega una capa de complejidad al modelo de Hodson (2003), al señalar que la argumentación para la acción es una de las competencias más difíciles y tardías de desarrollar en el marco de la ACC. Desde aquí se desprende una implicación directa para la formación inicial docente: los programas no solo deberían incentivar la propuesta de soluciones a problemas sociocientíficos, sino también ofrecer herramientas y espacios de práctica que permitan construir y defender con solidez dichas propuestas en el debate público (Herrera San Martín, 2025).

#### **4.3 Exploración de las percepciones del profesorado en formación sobre el valor formativo del taller**

El tercer y último objetivo de esta investigación busca explorar las percepciones del profesorado en formación sobre el valor formativo de las estrategias de mediación didáctica implementadas y su contribución al tránsito de la ACC. Para ello, se analizan los datos recogidos en la sesión de focus group, realizada cuatro meses después de la intervención.

Esta instancia de síntesis y reflexión final permitió capturar la experiencia subjetiva y el significado que los PFI le atribuyeron al proceso. Como señala Korthagen (2014), la reflexión profunda sobre las vivencias formativas —lo que denomina *core reflection*— es clave para el crecimiento profesional, pues conecta las aspiraciones personales con la práctica pedagógica. El análisis temático de sus discursos revela una serie de valoraciones que no solo confirman lo encontrado en los objetivos anteriores, sino que también añaden una dimensión afectiva y proyectiva esencial para una comprensión integral del fenómeno.

De manera unánime, los PFI identificaron la salida a terreno como el hito más significativo y transformador del TRD. La experiencia fue descrita como un punto de inflexión que permitió superar la abstracción teórica y vincularse directamente con la realidad. El PFI 04 lo expresó claramente: "*Yo creo que para mí, sin duda, un hito más importante, fue la salida a terreno*". Esta percepción confirma el papel de esta estrategia como el catalizador del giro hacia la Visión II, ya que, como señala el mismo PFI, "*es muy difícil aprender lo que no se vive (...) ver eso con los ojos, yo creo que fue como lo más significativo*".

El valor de esta experiencia no radica solo en su carácter práctico, sino en su capacidad para generar un aprendizaje significativo. El PFI 12 comentó que el "*contacto real*" vivido en "*carne y hueso*" fue el "*punto clave que marca todo*" para que el conocimiento científico adquiriera relevancia. Esta percepción coincide con Aguilera (2018), quien sostiene que las salidas a terreno potencian lo aprendido en la sala de clases y favorecen aprendizajes significativos al contextualizar la teoría mediante la experiencia directa. También se relaciona con lo planteado por Fajardo, M. F., & Castellanos, V. I. (2025), quienes describen las salidas a terreno como experiencias educativas prácticas que

enriquecen el conocimiento a través del contacto con el medio natural, rompiendo con la rutina de la enseñanza tradicional.

Por otro lado, el focus group mostró un cambio en la comprensión del concepto de argumentación. Inicialmente, varios profesores en formación asociaban la argumentación con un debate competitivo, cuyo fin era ganar una discusión. La PFI 12 lo describió así: *"para mí, el argumento era como para pelear... Como ganar la discusión"*. Sin embargo, a lo largo del taller, esta percepción transitó hacia una comprensión más dialógica y colaborativa.

Los PFI señalaron haber adoptado un modelo de argumentación orientado a la construcción conjunta, como expresa el PFI 04: *"lo que más rescaté de lo que escribí fue el concepto de la expectativa dialógica... una apunta hacia el consenso, apunta hacia reconocer los sesgos que uno tiene para poder deconstruirlos"*. Este cambio es relevante porque no se trata solo de aprender una técnica, sino de asumir una nueva postura epistemológica sobre el diálogo en la ciencia, un pilar de la Visión III (Sjöström, 2024). Los PFI entendieron que las opiniones deben sostenerse con fundamentos, pero que el fin de la argumentación es el "diálogo con distintos puntos de vista" y no el conflicto, como aclara la PFI 12. Esta visión se acerca a lo planteado por Morell Pucci et al. (2024) y Vilouta Rando (2019), quien destaca que la argumentación no debe reducirse a demostrar conocimientos, sino que debe abrir espacio a la deliberación y a la construcción colectiva de significados.

Además, los PFI valoraron explícitamente los instrumentos utilizados en el taller como andamios efectivos para su aprendizaje. En particular, la tabla multidimensional, elemento central del producto vinculado a las CSC, fue reconocida como una herramienta que ayudó a organizar ideas y ampliar la mirada. El PFI 08 señaló: *"A mí me resultó bastante interesante, porque fue el primer instrumento de trabajo que nos permitió abordar la cuestión sociocientífica. A partir de la visita al parque, me pareció muy completo, ya que antes no consideraba esta mirada multidimensional."*

Esto muestra que las herramientas de mediación no fueron percibidas solo como tareas, sino como recursos que facilitaron el análisis de problemas complejos. Aquí resulta pertinente recordar el concepto de andamiaje de Wood et al. (1976), entendido como un

apoyo temporal y ajustado que brinda el experto para favorecer la construcción autónoma del conocimiento. Este principio se evidencia en la experiencia de los PFI, como expresa directamente el PFI08: *“Yo creo que sí fue un andamiaje muy útil al aprender a argumentar”*. Su testimonio confirma la efectividad de las estrategias de mediación aplicadas.

Finalmente, el análisis de las percepciones muestra cómo el taller impactó en la construcción de la identidad profesional de los PFI y en su proyección hacia la docencia futura. Los profesores en formación expresaron un cambio de enfoque, pasando de una visión centrada en contenidos a otra que prioriza habilidades y formación ciudadana. La PFI07 lo resume así: *“en didáctica general, sentí que era como más conceptual, y siento que ahora, como didáctica de la biología, como que se aterrizaron un poco más los conceptos... para mí tuvo mucho más sentido”*.

Este aterrizaje generó un nuevo sentido de propósito. Los PFI dejaron de verse como simples transmisores de conocimiento y comenzaron a reconocerse como formadores de una ciudadanía crítica. Como señalaron el PFI04 y el PFI08, la meta es *“alfabetizar científicamente a la población”* para que puedan *“participar realmente, en las cuestiones que ocurren en el territorio”*. Esta visión de la enseñanza como herramienta para fortalecer la participación ciudadana refleja con claridad el tránsito hacia una ACC de Visión III. Tal como plantean Thomas y Beauchamp (2011), la identidad profesional docente se construye y transforma de manera dinámica e interactiva, configurando una representación de sí mismo como profesor en diálogo con las responsabilidades profesionales y el rol de la escuela como institución social.

Varios PFI comentaron que, a lo largo del proceso, comenzaron a desarrollar una nueva “mirada sociocientífica”, lo que les permitió reconocer controversias en noticias y situaciones cotidianas que antes pasaban desapercibidas. Un ejemplo es la reflexión del PFI 04: *“Una contradicción puede ser la preocupación por la cantidad de basura que generamos, pero seguimos viviendo en esa misma lógica, abordar esto de la manera indicada podría generar una conciencia más significativa y transformadora”*. Esto refleja un aprendizaje transferible a distintos contextos, en línea con lo planteado por Galaz (2018), quien entiende la configuración profesional como un proceso que surge de la interacción cotidiana con colegas, estudiantes y autoridades, pero también de la

trayectoria personal y de las demandas del ejercicio docente. En este sentido, la transformación observada coincide con lo que la literatura describe como la construcción de una identidad profesional orientada hacia la justicia social y el compromiso con la transformación educativa (Herrera San Martín, 2025).

#### **4.4 Integración de los hallazgos: Una mirada comprensiva al tránsito de la ACC**

El análisis presentado en este capítulo abordó el tránsito hacia la Alfabetización Científica Crítica desde tres perspectivas complementarias, cada una vinculada a un objetivo específico. La articulación de estos tres ejes —el tránsito a través del discurso, las estrategias de mediación que lo impulsaron y las percepciones de los PFI— permite construir una visión integral que responde al objetivo general de esta investigación: analizar cómo un taller de reflexión docente influye en el tránsito hacia la ACC en el profesorado en formación. Los resultados no solo describen este proceso, sino que también configuran un modelo pedagógico coherente, validado por la experiencia de los PFI.

El primer objetivo definió el “qué” del proceso, mostrando el recorrido epistémico de los futuros docentes. Se evidenció que este camino no fue lineal, sino dinámico: comenzó con una tensión entre la seguridad de la Visión I y el cuestionamiento inicial de la Visión III. La consolidación de la Visión II, de carácter cívico y contextualizado, no representó un punto final, sino un puente necesario que posibilitó el surgimiento de una conciencia crítica vinculada a la justicia social, propia de la Visión III (Sjöström & Eilks, 2018). Este hallazgo es clave, ya que sugiere que la capacidad de actuar críticamente en el mundo se construye sobre una comprensión profunda de cómo la ciencia opera en contextos locales y cotidianos.

El segundo objetivo respondió al “cómo”, al caracterizar las estrategias de mediación didáctica como los motores de este tránsito. Se observó que cada fase del taller cumplió un rol específico: la problematización inicial abrió el cuestionamiento; la salida a terreno generó la conexión con la realidad (Vásquez Gordillo, L. A., & Mosquera, J. A., 2022) y consolidó la Visión II; el andamiaje metodológico entregó herramientas para argumentar de manera sólida; y la discusión de la CSC fue el espacio que conectó el análisis con la búsqueda de justicia. Esta relación entre estrategias y evolución muestra que el tránsito observado no fue producto del azar, sino el resultado de un diseño pedagógico

intencionado, en línea con lo propuesto por Vygotsky (1978) y Wood et al. (1976) sobre la mediación y el andamiaje en el aprendizaje.

El tercer objetivo añadió la dimensión del “sentido”, al explorar las percepciones de los PFI y confirmar los hallazgos desde la experiencia vivida. Sus testimonios no solo ratificaron la relevancia de la salida a terreno, sino que también revelaron cambios profundos, como la re-significación de la argumentación y la transformación de su identidad profesional a partir de la reflexión sobre la práctica (Korthagen, 2014). Al proyectarse como futuros formadores de una ciudadanía crítica, con capacidad de “*participar realmente en las cuestiones que ocurren en el territorio*”, los PFI otorgaron al proceso su significado más profundo: el taller no solo les enseñó sobre la ACC, sino que los comenzó a transformar en agentes de ella, un primer paso hacia la acción sociopolítica que Hodson (2003, 2020) identifica como meta educativa.

Esta transformación de la identidad profesional va más allá de aprender nuevos contenidos o herramientas pedagógicas. Se vincula con el concepto de Bildung, planteado en el marco teórico como la base filosófica de la Visión III (Sjöström et al., 2017). Los resultados sugieren que el taller no solo modificó el “hacer” de los futuros docentes, sino que inició un cambio en su “ser”. Este proceso de Bildung implica un desarrollo integral que los prepara para una participación reflexiva y responsable en la sociedad, entendiendo su rol no como simples transmisores de conocimiento, sino como formadores de ciudadanía crítica con compromiso socioecológico.

En conjunto, la influencia del Taller de Reflexión Docente se muestra como un proceso amplio y dinámico. La integración de las evidencias de aprendizaje, el análisis de las estrategias didáctica y la exploración de las percepciones subjetivas permitió construir una comprensión sólida y coherente del fenómeno. Se ha demostrado que el taller favoreció un tránsito significativo hacia la Alfabetización Científica Crítica, no como un estado alcanzado, sino como el inicio de un proceso de concientización (Darder, 2014; Muller, 2025). Este proceso entregó a los futuros docentes herramientas conceptuales, experiencias vividas y, sobre todo, un propósito claro para orientar su práctica pedagógica hacia la acción y la justicia social.

## 5 Conclusiones

A modo de cierre, y en respuesta a la pregunta de investigación sobre cómo un taller de reflexión docente influye en el tránsito hacia una Alfabetización Científica Crítica, este estudio demuestra que una experiencia formativa intencionada puede impulsar de manera decisiva dicho proceso en el profesorado en formación de Química y Biología. Los resultados muestran que una mediación didáctica reflexiva y contextualizada en un territorio es capaz de iniciar un proceso de concientización en el profesorado en formación. Este proceso se manifiesta en la transformación de su mirada, que pasa desde una preocupación inicial por las consecuencias de los fenómenos sociocientíficos hacia una interpelación más profunda sobre la justicia de dichas consecuencias, constituyendo un avance fundamental hacia una formación docente orientada a la participación ciudadana crítica.

En relación con el primer objetivo específico, se identificó que el tránsito hacia la ACC en el profesorado en formación no es un proceso lineal, sino dinámico y complejo. Los PFI iniciaron el taller con una tensión entre la seguridad que les brindaba el dominio conceptual y un cuestionamiento de la autoridad científica. El hallazgo principal fue que la conexión entre la ciencia y los contextos cotidianos y cívicos no representó una etapa final, sino un puente esencial. Resultó necesario que los futuros docentes aprendieran a situar la ciencia en el mundo real para, desde esa comprensión, poder interpelarla críticamente y avanzar hacia una perspectiva orientada a la justicia social.

Respecto al segundo objetivo, las estrategias de mediación didáctica se configuraron como un andamiaje intencionado que impulsó este tránsito. Cada etapa del taller cumplió un propósito específico y articulado: la problematización inicial generó conciencia; la salida a terreno ofreció un anclaje territorial que vinculó teoría y realidad, consolidando la Visión II; la entrega de herramientas metodológicas fortaleció las capacidades argumentativas; y el trabajo con una controversia sociocientífica permitió pasar del análisis de impactos al cuestionamiento ético de los mismos.

En cuanto al tercer objetivo, las percepciones de los futuros profesores confirmaron el valor formativo del diseño pedagógico implementado. Los PFI destacaron la salida a terreno como la experiencia más transformadora del taller, al permitirles conectar de manera tangible con la complejidad de los problemas sociocientíficos. Asimismo, resignificaron la argumentación, pasando de considerarla una herramienta de confrontación a comprenderla

como un medio para la construcción de consensos. Estas percepciones evidencian que el proceso, sustentado en una reflexión profunda, no solo fortaleció habilidades técnicas, sino que también contribuyó a la construcción de su identidad docente.

Es importante, sin embargo, reconocer las limitaciones de esta investigación para contextualizar adecuadamente sus hallazgos. Al tratarse de un estudio de caso intrínseco con un grupo reducido, los resultados no pueden ser generalizables, sino ofrecer una comprensión profunda del fenómeno. Adicionalmente, el Taller de Reflexión Docente se vio interrumpido por una paralización estudiantil de aproximadamente dos meses, una variable externa que pudo haber influido en el proceso reflexivo y en la continuidad del aprendizaje. A partir de estos resultados y limitaciones, surgen nuevas líneas de investigación. Sería de gran valor realizar estudios longitudinales para dar seguimiento a los profesores en formación y observar cómo este tránsito inicial se consolida en sus primeras experiencias de práctica profesional. Del mismo modo, investigaciones comparativas que repliquen el modelo pedagógico del taller en otros contextos institucionales permitirían explorar su transferibilidad.

En definitiva, esta investigación reafirma el papel estratégico de la Formación Inicial Docente como un espacio clave para promover una educación científica transformadora. Su principal aporte no es solo argumentar a favor de la ACC, sino ofrecer una mediación didáctica validada que muestra cómo es posible iniciar este camino. Sin embargo, esta reafirmación del rol de la FID invita a una reflexión crítica más amplia, ya que, debido a la naturaleza pública y política de las CSC, su abordaje efectivo involucra a la sociedad en su totalidad y no puede limitarse únicamente a la acción de la didáctica dentro de las escuelas. Por lo tanto, resulta crucial cuestionarse cuál ha sido el rol -o la ausencia de este- de otras instituciones sociales, como los medios de comunicación, la divulgación científica o las propias entidades políticas, en la promoción de una alfabetización crítica dentro del debate público.

Asimismo, el estudio pone el foco en cómo la educación incide sobre la sociedad al formar a futuros ciudadanos, sin abordar una cuestión clave, que es como las dinámicas de poder, los intereses económicos y las estructuras políticas de la misma sociedad moldean y sostienen las controversias que la escuela intenta cuestionar. La pedagogía crítica, en

consecuencia, está naturalmente situada en un contexto de intereses opuestos, lejos de ser un actor aislado de estos.

De esta manera, el estudio demuestra que para formar educadores críticos es necesario trascender los enfoques basados en la transmisión de contenidos y avanzar hacia diseños curriculares que prioricen experiencias de aprendizaje auténticas, reflexivas y situadas en contextos reales. La consolidación de la salida a terreno como el hito más transformador evidencia lo imprescindible que resulta romper los muros del aula universitaria para generar un anclaje territorial que conecte a los futuros docentes con las problemáticas vivas de su entorno. Quizás el aporte más profundo de este trabajo es la evidencia de que este tipo de experiencias no solo enseñan nuevas competencias, sino que comienzan a transformar la identidad profesional de los futuros docentes. Al movilizarlos para que se reconozcan no solo como transmisores de información, sino como intelectuales y agentes de cambio, se sientan las bases para una práctica pedagógica que busca formar una ciudadanía crítica, responsable y comprometida, contribuyendo así a la construcción de una sociedad más justa y democrática.

## Referencias bibliográficas

- Abrami, P. C., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Waddington, D. I., Wade, C. A., & Persson, T. (2015). Strategies for Teaching Students to Think Critically: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 85(2), 275-314. Doi: 10.3102/0034654314551063
- Acevedo-Díaz, J. A. (1997). Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Un enfoque innovador para la enseñanza de las ciencias. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 10, 269-275. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/260612723\\_Ciencia\\_Tecnologia\\_y\\_Sociedad\\_CTS\\_Un\\_enfoque\\_innovador\\_para\\_la\\_ensenanza\\_de\\_las\\_ciencias](https://www.researchgate.net/publication/260612723_Ciencia_Tecnologia_y_Sociedad_CTS_Un_enfoque_innovador_para_la_ensenanza_de_las_ciencias)
- Aguilera, D. (2018). La salida de campo como recurso didáctico para enseñar ciencias. Una revisión sistemática. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 1-17. Doi: 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2018.v15.i3.3103
- Albert Gómez, M. J. (2009). La investigación educativa: Claves teóricas. Madrid, España: McGraw-Hill. Recuperado de: [https://www.academia.edu/27287685/La\\_Investigaci%C3%B3n\\_Educativa\\_Claves\\_Te%C3%B3ricas\\_Albert\\_G](https://www.academia.edu/27287685/La_Investigaci%C3%B3n_Educativa_Claves_Te%C3%B3ricas_Albert_G)
- Allchin, D. (2011). Teaching Whole Science. *The American Biology Teacher*, 73(1), 53-55. Doi: 10.1525/abt.2011.73.1.12
- Allchin, D. (2020). From Nature of Science to Social Justice: The Political Power of Epistemic Lessons. En: H. A. Yacoubian & L. Hansson (Eds.), *Nature of Science for Social Justice* (pp. 23-39). Cham, Suiza: Springer International Publishing. Recuperado de: <https://douglasallchin.net/papers/Allchin-NOS-and-Social-Justice.pdf>
- Allchin, D., Bergstrom, C. T., & Osborne, J. (2024). Transforming Science Education in an Age of Misinformation. *Journal of College Science Teaching*, 53(1), 40-43. Doi: 10.1080/0047231X.2023.2292409
- Amdayani, S., Dibyantini, R., Darmana, A., & Dalimunthe, M. (2022). Development of Socio-Scientific Issues Based Reaction Rate Module And Science Literacy Oriented. **En:** Proceedings of the 4th International Conference on Innovation in

Education, Science and Culture, ICIESC. Organizado por EAI. Medan, Indonesia, 11 de Octubre. Doi: 10.4108/eai.11-10-2022.2325292

Analuisa Sanchez, P. A., Trujillo Salazar, R. D. P., & Villamar Muñoz, J. L. (2024). Metodologías activas para el desarrollo del pensamiento crítico y la investigación. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 10474-10499. Doi: 10.37811/cl\_rcm.v8i4.12207

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. Nueva York, EE.UU.: Longman. Recuperado de: [https://quincycollege.edu/wp-content/uploads/Anderson-and-Krathwohl\\_Revised-Blooms-Taxonomy.pdf](https://quincycollege.edu/wp-content/uploads/Anderson-and-Krathwohl_Revised-Blooms-Taxonomy.pdf)

ATLAS.ti Scientific Software Development GmbH. (2025). ATLAS.ti Mac (versión 23.2.1) [Software de análisis de datos cualitativos]. <https://atlasti.com>

Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. Nueva York, EE.UU.: W. H. Freeman. Recuperado de: [https://www.academia.edu/28274869/Albert\\_Bandura\\_Self\\_Efficacy\\_The\\_Exercise\\_of\\_Control\\_W\\_H\\_Freeman\\_and\\_Co\\_1997\\_pdf](https://www.academia.edu/28274869/Albert_Bandura_Self_Efficacy_The_Exercise_of_Control_W_H_Freeman_and_Co_1997_pdf)

Baltodano-Enríquez, M. (2018). Análisis e implicaciones de los resultados de las prácticas pedagógicas de un docente líder en una prueba piloto de innovación en el proyecto Conectándonos. *Revista Electrónica Educare*, 22(2), 1. Doi: 10.15359/ree.22-2.4

Bembich, C., & Bologna, V. (2025). Recognising patterns of authentic inquiry-based approach to foster children's scientific reasoning process. *Frontiers in Education*, 10. Doi: 10.3389/feduc.2025.1574267

Bezanilla, M.J., Galindo-Domínguez, H., & Poblete, M. (2021). Importance of Teaching Critical Thinking in Higher Education and Existing Difficulties According to Teacher's Views. *Multidisciplinary Journal Of Educational Research*, 11(1), 20-48. Doi: 10.4471/remie.2021.6159

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. Doi: 10.1191/1478088706qp063oa

- Calavia Lombardo, S., Bravo Torija, B., & Mazas Gil, B. (2024). Percepciones en el alumnado de 1º de bachillerato sobre dilemas bioéticos en salud: Influencia en sus destrezas en argumentación y pensamiento crítico. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 8(1), 55-71. Doi: 10.17979/arec.2024.8.1.10191
- Calixto, G., & Cedeño, E. F. A. (2020). Importancia de las prácticas de campo en la Formación Inicial del Profesorado en Ciencias Biológicas. *Revista Temas de Profesionalización Docente*, 3(5), 29-39. Doi: 10.46681/Temas/a2020n5a3
- Cayci, B. (2020). A study on the effectiveness of a teaching based on socio-scientific issues in the training of pre-service teachers. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 15(2), 220-231. Doi: 10.18844/cjes.v15i2.4604
- Costillo Borrego, E., Borrachero Cortés, A. B., Dávila Acedo, M. A., & Brígido Mero, M. (2014). Valoración por los profesores en formación del dominio afectivo en las salidas al medio natural como actividades de enseñanza-aprendizaje. *International Journal of Developmental and Educational Psychology. Revista INFAD de Psicología*, 7(1), 213-220. Doi: 10.17060/ijodaep.2014.n1.v7.793
- Couso, D., Vila, L., & Márquez, C. (2023). Pensar críticamente en el aula: Una propuesta para desarrollar el pensamiento crítico en educación científica. Barcelona, España: Graó.
- Darder, A. (2014). Freire and the Formation of Critical Awareness. *Revista de Estudos AntiUtilitaristas e PosColonias*, 4(2), 6-32. Recuperado de: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/realis/article/view/8817/8792>
- Denzin, N. K. (2017). *The Research Act: A Theoretical Introduction to Sociological Methods*. London, England: Routledge. Doi: 10.4324/9781315134543
- De Pedro Rodríguez, M., & De Soto García, I. S. (2023). Evolución de la enseñanza de las aguas subterráneas en los libros de texto y diseño de una propuesta didáctica para su enseñanza en la educación secundaria. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 36(2), 16-29. Doi: 10.55407/rsge.99637
- Díaz Moreno, N., & Jiménez Liso, M. R. (2012). Las controversias sociocientíficas: Temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka Sobre*

*Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 54-70. Doi: 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2012.v9.i1.04

Díaz-Moreno, N., & Jiménez-Liso, M. R. (2014). Las controversias sociocientíficas como contexto en la enseñanza de las ciencias. En A. M. Wamba & R. Jiménez Pérez (Eds.), *XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 693-701). Huelva, España: Universidad de Huelva. Recuperado de: <https://www.uhu.es/26edce/actas/docs/comunicaciones/orales/pdf/084.5-Diaz-Moreno.pdf>

Domènech, A. M. (2023). Mueve la lengua, que el cerebro te seguirá. 75 acciones lingüísticas para enseñar a pensar ciencias. Barcelona, España: Graó.

Domènech-Casal, J. (2017). Propuesta de un marco para la secuenciación didáctica de Controversias Socio-Científicas. Estudio con dos actividades alrededor de la genética. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 601-620. Doi: 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2017.v14.i3.07

Eidin, E., & Shwartz, Y. (2023). From Ideal to Practical—A Design of Teacher Professional Development on Socioscientific Issues. *Sustainability*, 15(14), 11394. Doi: 10.3390/su151411394

Facione, P. A. (1990). Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction—The Delphi report. Millbrae, CA: California Academic Press. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/242279575\\_Critical\\_Thinking\\_A\\_Statement\\_of\\_Expert\\_Consensus\\_for\\_Purposes\\_of\\_Educational\\_Assessment\\_and\\_Instruction](https://www.researchgate.net/publication/242279575_Critical_Thinking_A_Statement_of_Expert_Consensus_for_Purposes_of_Educational_Assessment_and_Instruction)

Fajardo, M. F., & Castellanos, V. I. (2025). Salidas de campo: catalizadores pedagógicos para la sustentabilidad en un mundo pospandemia. *DIDAC*, 85, 8-18. Doi: 10.48102/didac.2025..85\_ene-jun.234

Freire, P. (1970). *Pedagogy of the oppressed*. Nueva York, EE.UU.: Continuum. Recuperado de: <https://www.servicioskoinonia.org/biblioteca/general/FreirePedagogiadelOprimido.pdf>

- Freire, P. (1973). *Education for critical consciousness*. Nueva York, EE.UU.: Seabury Press. Recuperado de: <https://abahlali.org/wp-content/uploads/2012/08/Paulo-Freire-Education-for-Critical-Consciousness-Continuum-Impacts-2005.pdf>
- Freire, P. (1998). *Teachers as cultural workers: Letters to those who dare teach* (D. Macedo, D. Koike, & A. Oliveira, Trans.). Boulder, CO, EE.UU.: Westview Press. Recuperado de: <https://blogs.ubc.ca/karen/files/2013/06/FREIRE.1998.T.Cultural.pdf>
- Galaz, Alberto. (2011). El profesor y su identidad profesional: ¿facilitadores u obstáculos del cambio educativo?. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 37(2), 89-107. Doi: 10.4067/S0718-07052011000200005
- González, E. G., & Schenetti, M. (2019). Las escuelas al aire libre como contexto para el aprendizaje de las ciencias en infantil. El caso de la Scuola nel Bosco Villa Ghigi. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(2), 415-429. Doi: 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2019.v16.i2.2204
- García-Carmona, A. (2022). La naturaleza de la ciencia en las metas de aprendizaje de las sucesivas reformas curriculares en España: Un análisis desde la tradición CTS. *Revista Iberoamericana De Ciencia, Tecnología Y Sociedad - CTS*, 17(51), 77–94. Recuperado de: <https://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/320>
- García, L., Azcárate, C., & Moreno, M. (2006). Creencias, concepciones y conocimiento profesional de profesores que enseñan cálculo diferencial a estudiantes de ciencias económicas. *Relime*, 9(1), 85-116. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33590105>
- Guerrero, G. (2021). Alfabetización científica crítica para un Chile con eco-justicia. Recuperado de: <https://www.schec.cl/alfabetizacion-cientifica-critica/>
- Guerrero, G., & Sjöström, J. (2024). Critical scientific and environmental literacies: A systematic and critical review. *Studies in Science Education*, 61(1), 41-87. Doi: 10.1080/03057267.2024.2344988
- Hansen, K. -H., & Olson, J. (1996). How teachers construe curriculum integration: The Science, Technology, Society (sts) movement as Bildung. *Journal of Curriculum Studies*, 28(6), 669-682. Doi: 10.1080/0022027980280603

- Herrera San Martín, E. (2025). Brechas Teórico-Prácticas al Enseñar Ciencias para la Ciudadanía por Profesores de Ciencias en Formación Inicial. *Investigações em Ensino de Ciências*, 30(1), 37-61. Doi: 10.22600/1518-8795.ienci/2025v30n1p37
- Hodson, D. (2004). Going beyond STS: Towards a curriculum for sociopolitical action. *Science Education Review*, 3(1), 2-7. Recuperado de: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1057995.pdf>
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-670. Doi: 10.1080/09500690305021
- Hodson, D. (2010). Science Education as a Call to Action. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 10(3), 197-206. Doi: 10.1080/14926156.2010.504478
- Hodson, D. (2020). Going Beyond STS Education: Building a Curriculum for Sociopolitical Activism. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 20(4), 592-622. Doi: 10.1007/s42330-020-00114-6
- Izquierdo Aymerich, Mercè. (2006). Por una enseñanza de las ciencias fundamentada en valores humanos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(30), 867-882. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/140/14003008.pdf>
- Jiménez-Tenorio, N., Vicente Martorell, J. J., Aragón Núñez, L., & Oliva Martínez, J. M. (2020). Fomentar la argumentación en clases de ciencias a través de una controversia sociocientífica en futuros docentes. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(1), 79–86. Doi: 10.17979/arec.2020.4.1.4639
- Kelchtermans, G. (2009). Who I am in how I teach is the message: Self-understanding, vulnerability and reflection. *Teachers and Teaching*, 15(2), 257-272. Doi: 10.1080/13540600902875332
- Korthagen, F. A. J. (2014). Promoting Core Reflection in Teacher Education: Deepening Professional Growth. En C. J. Craig & L. Orland-Barak (Eds.), *Advances in Research on Teaching* (Vol. 22, pp. 73-89). Bingley, Reino Unido: Emerald Group Publishing Limited. Recuperado de: <https://korthagen.nl/en/wp-content/uploads/2018/07/Promoting-core-reflection.pdf>

- López Vázquez, R., Tobón Tobón, S., Veytia Bucheli, M. G., & Juárez Hernández, L. G. (2021). Mediación didáctica e inclusión educativa en la educación básica desde el enfoque socioformativo. *Revista de Investigación Educativa*, 39(2), 527-552. Doi: 10.6018/rie.443301
- Marks, R., & Eilks, I. (2009). Promoting scientific literacy using a sociocritical and problem-oriented approach to chemistry teaching: Concept, examples, experiences. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(3), 231-245. Recuperado de: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ884394.pdf>
- McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2005). *Research in education: Evidence-based inquiry* (6th ed.). Boston, MA, EE.UU.: Pearson. Recuperado de: [https://arodi.yolasite.com/resources/McMillan\\_J.\\_H.\\_Schumacher\\_S.\\_2005.\\_Investigacion\\_educativa\\_5\\_ed..pdf](https://arodi.yolasite.com/resources/McMillan_J._H._Schumacher_S._2005._Investigacion_educativa_5_ed..pdf)
- Ministerio de Educación de Chile. (2019). *Bases curriculares 3° y 4° medio: Plan de formación general. Plan de formación diferenciada humanístico-científico*. Santiago, Chile: Ministerio de Educación de Chile. Recuperado de: [https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-91414\\_bases.pdf](https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-91414_bases.pdf)
- Mínguez-López, X., & Kalogirou, T. (2024). Editorial: Critical Pedagogy in Literary Education: Reading the Word to read the World. *Journal of Literary Education*, 8, 1-7. Doi: 10.7203/JLE.8.30026
- Moghadam, Z. B., Narafshan, M. H., & Tajadini, M. (2023). The effect of implementing a critical thinking intervention program on English language learners' critical thinking, reading comprehension, and classroom climate. *Asian-Pacific Journal of Second and Foreign Language Education*, 8(1), 15. Doi: 10.1186/s40862-023-00188-3
- Morales-Doyle, D. (2017). Justice-centered science pedagogy: A catalyst for academic achievement and social transformation. *Science Education*, 101(6), 1034–1060. Doi: 10.1002/sce.21305
- Morell Pucci, M. C., Herrero Anzorregui, I., & Andrada Chacón, A. (2024). Prácticas argumentativas en futuros docentes de secundaria mediante controversias sociocientíficas. *Cuestiones Pedagógicas*, 2(33), 115-128. Doi: 10.12795/CP.2024.i33.v2.06

- Morote Seguido, Á. F. (2019). Las salidas de campo en España como recurso didáctico para la enseñanza de la Geografía. Una revisión bibliográfica. *Geographicalia*, 71, 27-49. Doi: 10.26754/ojs\_geoph/geoph.2019714142
- Muller, A. J. (2025). Critical Pedagogy And Social Transformation, From The Perspective Of Paulo Freire: Paths To Awareness In Contemporary Education. *IOSR Journal of Humanities and Social Science*, 30(1), 50-54. Doi: 10.9790/0837-3001035054
- Olivares-Petit, C., Cerda Martínez, M. I., Madariaga Jara, B., & Quintanilla-Gatica, M. (2024). Controversias Sociocientíficas en la Formación Inicial Docente. *Sisyphus – Revista de Educación*, 12(3), 8-28. Doi: 10.25749/SIS.36567
- Osborne, J., & Pimentel, D. (2023). Science education in an age of misinformation. *Science Education*, 107(3), 553-571. Doi: 10.1002/sce.21790
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307-332. Doi: 10.3102/00346543062003307
- Pedraja Rejas, L., Acosta García, K., Jiménez Pavez, J. P., & Romero Chacón, Á. E. (2024). Abordaje de Controversias Sociocientíficas y Científicas Históricas para Promover el Pensamiento Crítico en la Formación Docente en Ciencias. *Sisyphus – Revista de Educación*, 12(3), 29-51. Doi: 10.25749/SIS.36566
- Puig Mauriz, B., Blanco Anaya, P., & Bargiela, I. M. (2023). Integrar el Pensamiento Crítico en la Educación Científica en la Era de la Post-verdad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(3), 1-19. Doi: 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2023.v20.i3.3301
- Quintanilla, M., & Izquierdo, M. (2006). *Didactología, formación docente e investigación educativa*. Recuperado de: [http://www.uc.cl/sw\\_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/biblioteca/LIBROS/B L002.pdf](http://www.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/biblioteca/LIBROS/B L002.pdf)
- Ramos Araya, M. C., & Castillo Castillo, B. O. (2020). Alfabetización científica: Aportes del Programa ICEC para la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía. *Revista de Innovación en Enseñanza de las Ciencias*, 4(1) 41-60. Doi: 10.5027/reinnec.V4.I1.72

- Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/Science literacy. En S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729-780). Mahwah, New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates. Recuperado de: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780203824696-29/scientific-literacy-science-literacy-douglas-roberts>
- Rodriguez, A. J., Mark, S., & Nazar, C. R. (2022). Gazing Inward in Support of Critical Scientific Literacy. *Journal of Science Teacher Education*, 33(2), 125-130. Doi: 10.1080/1046560X.2021.2009973
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536. Doi: 10.1002/tea.20009
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York, USA: Basic Books. Doi: 10.4324/9781315237473
- Sjöström, J. (2024). Vision III of scientific literacy and science education: An alternative vision for science education emphasising the ethico-socio-political and relational-existential. *Studies in Science Education*, 61(2), 1-36. Doi: 10.1080/03057267.2024.2405229
- Sjöström, J., & Eilks, I. (2018). Reconsidering Different Visions of Scientific Literacy and Science Education Based on the Concept of Bildung. En Y. J. Dori, Z. R. Mevarech, & D. R. Baker (Eds.), *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education* (Vol. 24, pp. 65-88). Cham, Switzerland: Springer International Publishing. Doi: 10.1007/978-3-319-66659-4\_4
- Sjöström, J., Frerichs, N., Zuin, V. G., & Eilks, I. (2017). Use of the concept of Bildung in the international science education literature, its potential, and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 53(2), 165-192. Doi: 10.1080/03057267.2017.1384649
- Solbes, J. (2013). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (I): Introducción. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(1), 1-10. Doi: 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2013.v10.i1.01 <http://reuredc.uca.es>

- Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*. Thousand Oaks, USA: Sage Publications. Recuperado de: <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/investigacion-con-estudios-de-caso.pdf>
- Suparman, A. R., Rohaeti, E., & Wening, S. (2022). Development of Attitude Assessment Instruments Towards Socio-Scientific Issues in Chemistry Learning. *European Journal of Educational Research*, 11(4), 1947-1958. Doi: 10.12973/eu-jer.11.4.1947
- Tal, R. T. (2004). Using a field trip to a wetland as a guide for conceptual understanding in environmental education—A case study of a pre-service teacher's research. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(2), 127-142. Doi: 10.1039/B4RP90016B
- Thomas, L., & Beauchamp, C. (2011). Understanding new teachers' professional identities through metaphor. *Teaching and Teacher Education*, 27(4), 762-769. Doi: 10.1016/j.tate.2010.12.007
- Tschannen-Moran, M., & Woolfolk Hoy, A. (2001). Teacher efficacy: Capturing an elusive construct. *Teaching and Teacher Education*, 17(7), 783-805. Doi: 10.1016/S0742-051X(01)00036-1
- UNESCO. (2017). *Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: objetivos de aprendizaje*. París, Francia: UNESCO. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252423>
- Valladares, L. (2021). Alfabetización científica y transformación social. *Ciencia y Educación*, 30(3), 557–587. Doi: 10.1007/s11191-021-00205-2
- Vázquez-Alonso, Á., & Manassero-Mas, M. A. (2018). Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 309-336. Recuperado de: [https://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen17/REEC\\_17\\_2\\_02\\_ex1065.pdf](https://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen17/REEC_17_2_02_ex1065.pdf)
- Vásquez Gordillo, L. A., & Mosquera, J. A. (2022). ¿Cómo las salidas de campo pueden ser una estrategia didáctica para la enseñanza de las ciencias naturales en la educación primaria y secundaria? Una revisión documental. *Revista Latinoamericana de Educación Científica, Crítica y Emancipadora*, 1(1), 207-222. Recuperado de: <https://journalusco.edu.co/index.php/LadECiN/article/view/4273>

- Vila, L., Márquez, C., & Oliveras, B. (2023). Una propuesta para el diseño de actividades que desarrollen el pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(1) 130201-130214. Doi: 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2023.v20.i1.1302
- Villalobos Olascoaga, D. C. (2016). Ciudadanías propias. Una reflexión desde el diálogo entre Paulo Freire y Boaventura de Sousa Santos. *Revista Senderos Pedagógicos*, 7(7), 23-40. Doi: 10.53995/rsp.v7i7.1009
- Vilouta Rando, N. (2019). Conceptualización y abordaje de controversias sociocientíficas en la materia Biología, Genética y Sociedad. *Divulgatio. Perfiles Académicos de Posgrado*, 3(08), 1-29. Doi: 10.48160/25913530di08.82
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds.). Cambridge, Massachusetts, USA: Harvard University Press. Doi: 10.2307/j.ctvjf9vz4
- Willingham, D. T. (2019). How to Teach Critical Thinking. Recuperado de: <https://education.nsw.gov.au/about-us/educational-data/cese/publications/literature-reviews/how-to-teach-critical-thinking>.
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89-100. Doi: 10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x
- Zeidler, D.L., Applebaum, S.M., & Sadler, T.D. (2011). Enacting a socioscientific issues classroom: Transformative transformations. In T. D. Sadler (Ed.), *Socioscientific issues in science classrooms: Teaching, learning and research* (pp. 277-306). New York, USA: Springer. Doi: 10.1007/978-94-007-1159-4\_16
- Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49-58. Doi: 10.1007/BF03173684

## Anexos

### Anexo 1. Instrumentos de recolección de datos.

Sesión	Código del instrumento	Descripción
1	DMPS01-U3-PQyBM1	La actividad está diseñada para que los PFI argumenten sobre cómo desarrollar el pensamiento científico y crítico en el aula, basándose en los marcos teóricos de su formación. Luego, se les pide identificar las contradicciones que surgen al aplicar estos pensamientos en el contexto real de la enseñanza.
	DMPS02-U3-PQyBM1	Este instrumento de aprendizaje está diseñado para que los PFI realicen una reflexión individual a partir del texto Solbes (2018). De manera que se orienta al PFI a analizar las ideas centrales que el autor problematiza sobre la enseñanza de las ciencias. A continuación, se le invita a conectar estos planteamientos con su propia vivencia escolar, evocando las posibles contradicciones con su experiencia como estudiante. Finalmente, se les pide proyectar estas reflexiones hacia la futura práctica profesional, con el objetivo de consolidar una postura sobre la importancia de fomentar el pensamiento científico y crítico en la disciplina de la biología.
	DMPS01-U3-PQyBM2	Este instrumento de aprendizaje fue en grupo, de modo que se converse y profundice sobre la enseñanza de la biología usando "cuestiones sociocientíficas críticas".  Primero, se pide que expliquen con sus propias palabras o con un esquema cómo se conectan el pensamiento científico, el pensamiento crítico y

		las CSC. Luego se indica describir qué características deben tener estas actividades. Y para terminar, identificar al menos tres puntos críticos en el abordaje de las cuestiones socio científicas críticas en el aula de biología.
2	DMPS02-U3-PQyBM3	Este instrumento de aprendizaje está diseñado para guiar una reflexión individual donde en primer lugar, se solicita al PFI que identifique los elementos esenciales para la enseñanza de la argumentación científica en el aula. A continuación, se pide analizar el potencial de las CSC como estrategia para profundizar la comprensión de la NdC. Finalmente, se orienta a una reflexión sobre la contribución de los aspectos éticos y morales al proceso de toma de decisiones que implica el abordaje de las CSC.
3	DMPS01-U3-PQyBM3	Este instrumento corresponde a un ticket de salida individual donde se inicia con una pregunta de metacognición, donde el estudiante debe reflexionar sobre lo aprendido respecto a la importancia de enseñar a argumentar para el trabajo con CSC. A continuación, se presenta una tarea de aplicación práctica que consiste en diseñar la estructura de una clase de biología. En este ejercicio, el PFI debe seleccionar un contenido y estructurar la clase incorporando los principios de la enseñanza de la argumentación científica abordados. Finalmente, se pregunta por el rol que cumple la argumentación en la enseñanza de la biología a través de las CSC.
	DMPS03-U3-PQyBM3	Esta es una actividad de lectura y análisis colaborativo, organizada por grupos de trabajo, a partir de un capítulo específico del texto de Casal (2022). A partir de este texto común, a cada grupo

		se le asigna una pregunta de análisis. El conjunto de preguntas guía la profundización en distintas áreas de la argumentación científica en la enseñanza de la biología, incluyendo: su propósito didáctico, la evaluación de evidencias, la aplicación de modelos teóricos como el de Toulmin, su conexión con la Naturaleza de la Ciencia, su relevancia en el contexto de CSC y su aporte a la formación ciudadana.
4	DMPS04-U2-PQyBM2	Esta actividad está diseñada para el análisis y la planificación de una Unidad Didáctica (UD) en biología. Se comienza con una reflexión anticipatoria, en la cual se solicita identificar y discutir las dificultades que prevén enfrentar durante las fases de diseño e implementación de dicha unidad. Posteriormente, la tarea central exige que el grupo detalle los elementos a considerar al estructurar su UD.
	DMPS04-U2-PQyBM3	Este instrumento corresponde a un ticket de salida individual, que se estructura en tres ejes de análisis. Primero, se solicita al PFI que argumente cuál considera que es la función principal de la argumentación científica escolar en el abordaje de CSC. Luego, el foco se dirige al diseño de la UD, pidiendo al profesor en formación que detalle las características que deben poseer las etapas e instrumentos de una UD para promover eficazmente el aprendizaje. Se finaliza con una introspección de carácter crítico, donde el PFI debe identificar, desde su experiencia personal, las contradicciones entre el discurso y la práctica de la enseñanza de la biología. Se le pide analizar cómo estas tensiones pueden ser abordadas a través de las CSC y la argumentación,

		reflexionando además sobre sus posibles causas.
--	--	---

## Anexo 2. Tabla de códigos por visiones.

Visiones	Nombre del código	Definición
Visión I: práctica - disciplinar	AC1_DefineConcepto	El/la profesor/a en formación enfatiza la importancia de la correcta comprensión conceptual como base para cualquier aprendizaje posterior en ciencias. (Roberts, 2007)
	AC1_DescribeProceso	El/la profesor/a en formación valora la enseñanza explícita y clara de los procesos, metodologías científicas y habilidades técnicas como componentes fundamentales del saber disciplinar. (Roberts, 2007).
	AC1_EstructuraArgumento	El/la profesor/a en formación valora la argumentación basada en evidencia empírica y razonamiento lógico-disciplinar para la validación de conocimientos científicos, priorizando la coherencia metodológica y la precisión conceptual. (Vila, Márquez & Oliveras, 2023)
Visión II: Cívica-Sociocientíficas	AC2_ExpresaPostura	El/la profesor/a en formación identifica como un objetivo clave de la enseñanza que los estudiantes desarrollen y expresen una opinión o juicio propio sobre temas de ciencia. (Zeidler & Sadler, 2011).
	AC2_ArgumentaConEvidencia	El/la profesor/a en formación promueve la argumentación que integra evidencias científicas con consideraciones sociales, culturales y éticas para la toma de decisiones ciudadanas en contextos sociocientíficos. (Marks & Eilks, 2009; Hodson, 2003).
	AC2_EvaluaImpacto	El/la profesor/a en formación reconoce que la enseñanza de las ciencias debe abordar las complejas interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad (CTS). (Hodson, 2003; Morales-Doyle, 2017).
	AC2_ReconocePerspectivas	El/la profesor/a en formación propone el diálogo o el debate como estrategia para que los estudiantes exploren y valoren diferentes puntos de vista en temas sociocientíficos. (Zeidler & Sadler, 2011; Marks & Eilks, 2009).
	AC2_ContextualizaLocal	El/la profesor/a en formación vincula los contenidos científicos con problemáticas locales/regionales para resaltar su utilidad y aplicabilidad en la vida cotidiana. (Vásquez Gordillo, L. A., & Mosquera, J. A., 2022)
Visión III: Crítica-Transformadora (ACC)	AC3_ConectaConTerritorio	El/la profesor/a en formación plantea la enseñanza de la ciencia como herramienta crítica para cuestionar y transformar las condiciones sociales y ambientales de su contexto. (Guerrero, 2021).
	AC3_CuestionaPoder	El/la profesor/a en formación cuestiona la visión de la ciencia como un dogma o un conjunto de hechos incuestionables, promoviendo una perspectiva donde el conocimiento es una construcción social. (Guerrero & Sjöström, 2025; Morales-Doyle, 2017).

	AC3_ProponeAcción	El/la profesor/a en formación concibe la educación científica como un medio para la emancipación y la formación de ciudadanos capaces de actuar para transformar su realidad. (Sjöström, 2024; Guerrero & Sjöström, 2025).
	AC3_IncluyeJusticia	El/la profesor/a en formación integra explícitamente dimensiones éticas, morales y de justicia como elementos indispensables para la toma de decisiones informada y responsable. (Valladares, 2021; Morales-Doyle, 2017).
	AC3_ArgumentoParaLaAcción	El/la profesor/a en formación utiliza argumentación estructurada que incorpora dimensiones éticas, políticas y de justicia social para fundamentar posturas transformadoras, evaluar políticas públicas y promover acciones ciudadanas frente a CSC. (Hodson, 2003, 2020)

### Anexo 3. Preguntas seleccionadas y justificación.

Etapa	Dispositivo	Preguntas	Preguntas seleccionadas	Justificación
Etapa 1: Sesión 1	DMPS01- U3- PQyBM1	<ol style="list-style-type: none"> <li>Desde las bases teóricas que ha leído usted durante su formación ¿cuál es su opinión acerca del desarrollo del pensamiento científico o el pensamiento crítico en el estudiantado en las clases de Biología? Argumente.</li> <li>¿Qué contradicciones identificas en el abordaje del pensamiento científico y el pensamiento crítico en las clases de Biología?</li> </ol>	1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pregunta 1: Se centra en el dominio conceptual y procedimental del pensamiento científico y crítico. Permite observar cómo el profesorado en formación moviliza definiciones teóricas, abriendo camino hacia reflexiones más complejas.</li> <li>Pregunta 2: Esta pregunta es clave para iniciar el tránsito. Las "contradicciones" que surgen al comparar su experiencia (usualmente Visión I) con nuevos textos teóricos (que promueven la Visión II o III) son la evidencia directa del choque conceptual y el comienzo del cambio.</li> </ul>
	DMPS02- U3- PQyBM1	<ol style="list-style-type: none"> <li>¿Qué ideas sobre la enseñanza de las ciencias problematiza la lectura?</li> <li>¿Qué contradicciones te genera la lectura, cuando evocas tu propia experiencia escolar, aprendiendo ciencias?</li> <li>¿Qué aprendizajes o reflexiones como profesorado en formación te deja la lectura acerca de la ciencia y su aprendizaje?</li> <li>¿Qué implicancias tiene el desarrollo del pensamiento</li> </ol>	2 y 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pregunta 2: Esta pregunta profundiza en la Visión II al conectar la reflexión teórica con la experiencia personal. Permite evidenciar si los PFI pueden reconocer que existen diversas perspectivas sobre la enseñanza científica y evaluar críticamente su propia formación como práctica social.</li> <li>Pregunta 4: Esta pregunta es ideal para medir la visión predominante de un participante en cualquier punto del proceso. Su valor reside en su naturaleza abierta, que no dirige la respuesta, sino que invita al PFI a revelar el propósito</li> </ul>

		científico y el pensamiento crítico en el proceso de aprendizaje de la biología?		final que le atribuye a la enseñanza de la biología, permitiendo diagnosticar su posición en el tránsito.
	DMPS01-U3-PQyBM2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A partir del texto, y la discusión anterior, ¿cómo podrían explicar con sus palabras (o un esquema) la relación entre las cuestiones sociocientíficas críticas, el pensamiento crítico y el pensamiento científico.</li> <li>2. Ahora que saben cómo se relacionan ¿Qué características deben tener las cuestiones sociocientíficas críticas descritas en el texto?</li> <li>3. A partir de la lectura realizada, identifiquen, por lo menos, 3 puntos críticos en el abordaje de las cuestiones socio científicas críticas en el aula de biología.</li> </ol>		
Etapa 2: Salida a terreno				
Etapa 3: Sesión 2	DMPS02-U3-PQyBM3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Qué elementos debo tener en cuenta al momento de enseñar a argumentar en clase?</li> <li>2. ¿Cómo pueden aportar las Controversias Sociocientíficas (CSC) a un aprendizaje más profundo de la Naturaleza de las Ciencias (NdC)?</li> </ol>	2 y 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pregunta 2: Pregunta central de la Visión II que evalúa si los participantes comprenden la ciencia como práctica social sujeta a debates y controversias. Permite evidenciar la capacidad de reconocer que la ciencia no es neutral y que su enseñanza puede involucrar múltiples perspectivas.</li> </ul>

		3. ¿Cómo se pueden abordar los aspectos éticos y morales en la toma de decisiones en el abordaje de las CSC?		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pregunta 3: Esta pregunta es crucial para el tránsito hacia la Visión III. Introduce explícitamente dimensiones éticas y morales, preparando el terreno para considerar la ciencia como práctica política. Es el puente conceptual más importante entre las visiones II y III.</li> </ul>
	DMPS01-U3-PQyBM3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Qué aprendí sobre la importancia de enseñar a argumentar para trabajar con CSC? ciencias?</li> <li>2. Imagina que llegas como reemplazo a un establecimiento y te toca hacer clases. Escoge un tema de la biología con el que te sientas cómodo haciendo este ejercicio, y responde:</li> <li>3. ¿Cómo estructurarías la clase considerando lo que sabes ahora respecto de cómo se aprende/ enseña ciencias en lo que se refiere a CPC argumentación)?</li> <li>4. ¿Qué rol piensas que juega la argumentación para la enseñanza de la biología por medio de cuestiones sociocientíficas?</li> </ol>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pregunta 1: Se selecciona esta pregunta por su potencial para capturar la reflexión metacognitiva del participante. Se espera que permita observar si comienzan a valorar la argumentación como una herramienta didáctica clave, reconociendo su importancia como medio para abordar problemas sociocientíficos complejos, más allá de un simple ejercicio conceptual.</li> </ul>

<p>Etapa 4: Sesión 3</p>	<p>DMPS03- U3- PQyBM3</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Para qué enseñamos a argumentar científicamente en la clase de biología?</li> <li>2. Las pruebas /evidencias son la base de la Argumentación científica (AC). ¿Cómo podemos evaluar las pruebas /evidencias para utilizarlas en la AC?</li> <li>3. Desde el modelo de argumentación científica de Toulmin ¿Cuál es el rol de la fundamentación, del calificador modal y la refutación en la enseñanza de la biología?</li> <li>4. ¿Cómo los niveles de certidumbre de las conclusiones de la AC aportan a la NOS del estudiantado?</li> <li>5. En las controversias socio científicas la AC debe orientar a la toma de decisiones integrando aspectos de la ciencia, la tecnología, la sociedad, éticos y otros. ¿Por qué este tipo de espacios (CSC) son relevantes en la enseñanza de la biología?</li> <li>6. Los diferentes “tipos de argumentación” mencionados por Casal (2021) se basan en elementos diferenciadores, que llevan desde el convencer al</li> </ol>	<p>1, 2, 3, 4, 5 y 6</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pregunta 1: Se elige esta pregunta por ser fundamental para diagnosticar el propósito que el profesorado en formación le atribuye a la argumentación. Se anticipa que la respuesta revelará su posicionamiento, ya sea como una herramienta para validar conocimiento (Visión I), para la deliberación ciudadana (Visión II) o como un motor para la acción sociopolítica (Visión III).</li> <li>• Pregunta 2: Esta pregunta se diseña para explorar la dimensión epistemológica de la ciencia. Se busca evaluar si los participantes pueden articular criterios para juzgar la validez de las evidencias, una competencia clave de la Naturaleza de la Ciencia (NdC). Se considera un pilar de la Visión II, pues la capacidad de evaluar pruebas es un requisito indispensable para participar con rigor en controversias.</li> <li>• Pregunta 3: Se incluye esta pregunta para medir el dominio conceptual de la argumentación desde un modelo teórico específico. La intención es determinar el nivel de profundidad en su comprensión de la estructura de un argumento científico, un aspecto central de la Visión I que debería servir como andamiaje técnico para análisis más complejos.</li> <li>• Pregunta 4: Esta pregunta tiene como objetivo explorar si los participantes logran una comprensión sofisticada de la</li> </ul>
------------------------------	-----------------------------------	---	--------------------------	--

		<p>consensuar. ¿Cómo estos elementos pueden aportar al desarrollo de una ciudadanía crítica, de consenso y emancipadora?</p>	<p>NdC, específicamente en lo que respecta a la naturaleza no absoluta del conocimiento científico. Se espera que permita evaluar si pueden avanzar hacia una Visión II, reconociendo la incertidumbre como una característica inherente a la ciencia y un elemento fundamental para el análisis de controversias.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pregunta 5: Muestra cómo la ciencia es práctica social y cómo integra valores éticos en la toma de decisiones. Favorece el paso hacia la Visión III, vinculando la ciencia con la justicia y la responsabilidad social. Esta pregunta consolida la entrada a la Visión III al exigir integración de múltiples dimensiones (científica, tecnológica, social, ética) para la toma de decisiones. Permite evidenciar si los participantes pueden concebir la enseñanza científica como herramienta de transformación social.</li> <li>• Pregunta 6: Pregunta clave de la Visión III que introduce explícitamente conceptos como "ciudadanía crítica" y "emancipadora". Permite evidenciar si los participantes pueden vincular la argumentación científica con la transformación social y la justicia, elementos centrales de esta visión. Sitúa la argumentación como herramienta emancipadora y de construcción de</li> </ul>
--	--	--	--

				ciudadanía crítica. Explicita la dimensión política y transformadora de la ciencia.
Etapa 5: Sesión 4	DMP504- U2- PQyBM2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Qué dificultades creen que enfrentarán: Al diseñar la UD.</li> <li>2. Qué dificultades creen que enfrentarán: Al enseñar la UD.</li> <li>3. ¿Qué elementos debo considerar al momento de diseñar la UD de biología basada en CSC? Considere las etapas del modelo constructivista, la lectura y la CSC por ustedes levantada. Explique detalladamente</li> </ol>		Sin preguntas seleccionas
	DMP504- U2- PQyBM3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Cuál piensas que es la función principal de la argumentación científica escolar para el abordaje de las CSC en el aula de Biología? Argumenta brevemente</li> </ol>	1 y 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pregunta 1: Esta pregunta es la prueba final del tránsito conceptual. Al exigir que se priorice una "función principal", obliga al PFI a revelar el propósito último que le asigna a la educación científica, actuando como un poderoso resumen de</li> </ul>

		<p>2. ¿Qué características o atributos tendrían deberían tener las etapas e instrumentos utilizados en la UD para promover el aprendizaje de la biología por medio de CSC? Explica brevemente</p> <p>3. ¿Qué contradicciones identificas en tu experiencia personal acerca de qué se dice, piensa y hace en la enseñanza de la biología en la escuela que pueden ser abordadas con las CSC y la argumentación? ¿A qué las atribuyes?</p>		<p>su visión consolidada. La respuesta revela si la argumentación es vista como una herramienta para aprender ciencia, para deliberar como ciudadano o para transformar la realidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pregunta 3: Conecta experiencias personales con problemas estructurales de la enseñanza. Fomenta el análisis crítico y el planteamiento de cambios sociales y educativos, consolidando la visión transformadora. Esta pregunta es fundamental para evidenciar el tránsito completo. Permite observar si los participantes pueden: (1) identificar contradicciones en prácticas tradicionales (Visión I), (2) reconocer el potencial de las CSC para abordarlas (Visión II), y (3) atribuir causas a estas contradicciones desde una perspectiva crítica-transformadora (Visión III).</li> </ul>
--	--	--	--	---

