

## **Desarrollo profesional de profesores de ciencias: un itinerario formativo para la reflexión sobre la Naturaleza de la Ciencia y Tecnología (NdCyT)**

### **Professional development of science teachers: A training itinerary for reflection on the Nature of Science and Technology (NoST)**

Zenahir C. SISO-PAVÓN<sup>1</sup>

Ivan R. SANCHEZ-SOTO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile. <https://orcid.org/0000-0002-0523-6392>

<sup>2</sup> Universidad del Bio Bio, Chile. [isanchez@ubiobio.cl](mailto:isanchez@ubiobio.cl)

#### **RESUMEN**

Se describe y fundamenta un itinerario formativo para el desarrollo profesional y el estudio de la movilización de concepciones metacientíficas y didácticas de profesores de ciencias, por medio de la reflexión sobre la NdCyT. Como estudio de diseño, se propone un itinerario de cuatro núcleos: reflexión personal, reflexión metacientífica, diseño didáctico y metarreflexión, y se ofrece una orientación para el diseño de espacios de formación continua que promueva movilizaciones en las concepciones y prácticas que contribuyan a la alfabetización científica.

**Palabras clave:** Formación docente, naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT), reflexión pedagógica

#### **ABSTRACT**

A training itinerary is described and justified for the professional development and study of the mobilization of metascientific and didactic conceptions of science teachers through reflection on the Nature of Science and Technology (NdCyT). As a Design Study, an itinerary of four cores is proposed: personal reflection, metascientific reflection, didactic design, and meta-reflection. An orientation is offered for the design of continuous training spaces that promote mobilizations in conceptions and practices that contribute to scientific literacy. **Palabras clave:** Teacher education, Nature of Science and Technology (NoS&T), Training itinerary, Pedagogical reflection

**Key words:** Teacher training, nature of science and technology (NoST), pedagogical reflection

Recibido: 09/09/2025

Aprobado: 16/11/2025

Publicado: 30/11/2025

## 1. INTRODUCCIÓN

La alfabetización científica y tecnológica constituye hoy un imperativo para la educación en ciencias, en tanto la sociedad contemporánea demanda ciudadanos y profesionales capaces de interpretar críticamente fenómenos naturales y tecnológicos, participar en debates socio-científicos y tomar decisiones informadas. En este marco, la formación del profesorado de ciencias no puede limitarse a la transmisión de contenidos disciplinares, sino que requiere integrar conocimientos didácticos, pedagógicos, curriculares y didácticos, entre ellos una comprensión profunda de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT) para el mejoramiento de las concepciones profesionales que guían la práctica docente.

La formación metacientífica y epistemológica del profesorado de ciencias naturales constituye un componente esencial en la mejora de la calidad educativa, al influir directamente en las concepciones docentes sobre la NdCyT y en las prácticas pedagógicas implementadas en el aula. Estudios recientes han evidenciado que las concepciones que los docentes poseen sobre la ciencia y su enseñanza afectan significativamente tanto a la formación de los futuros maestros como a la calidad de la enseñanza que brindan. Por ejemplo, investigaciones han identificado que las concepciones del profesorado sobre la enseñanza de las ciencias naturales se relacionan estrechamente con sus prácticas pedagógicas, influyendo en la forma en que organizan el trabajo de los alumnos en clase y en las estrategias de participación que emplean.

En este contexto, las denominadas "visiones deformadas de la ciencia" han sido reconocidas como obstáculos significativos para la renovación de la enseñanza de las ciencias. Estas concepciones erróneas o simplificadas sobre la ciencia pueden limitar la capacidad de los docentes para promover una comprensión profunda y crítica en los estudiantes, afectando negativamente la alfabetización científica. La identificación y corrección de estas visiones deformadas son fundamentales para mejorar la calidad de la educación científica (Martín-García, 2021; Fernández et al., 2005), lo que no se logra a través de programas de formación tradicionales con enfoques técnicos y curriculares que relegan procesos de reflexión, metacognición y análisis metacientífico, esenciales para el desarrollo profesional docente (Vázquez et al., 2007; Cardoso et al., 2015; Siso et al., 2017).

La literatura especializada señala de manera consistente que la evolución de las concepciones docentes sobre la ciencia, frecuentemente ingenuas o dogmáticas, requiere experiencias formativas que promuevan la reflexión crítica y la toma de conciencia metacognitiva. Niaz (2009) y Lunn Brownlee (2017) han mostrado que la movilización de dichas concepciones hacia perspectivas epistemológicas más sofisticadas constituye un eje central del fortalecimiento profesional. También, el integrar explícitamente marcos metacientíficos y estrategias de reflexión facilita cambios sustantivos en la coherencia epistemológica y didáctica del profesorado (Jiménez et al., 2003; Duc et al., 2023). Asimismo, la incorporación de referentes epistemológicos clásicos y contemporáneos, como Popper, Kuhn y Lakatos, ha demostrado promover la transformación de las visiones docentes, generando mayor articulación entre la filosofía de la ciencia, la didáctica y la pedagogía (Barona et al., 2004; Vázquez et al., 2013).

En paralelo, la investigación sobre formación continua y desarrollo profesional docente muestra un tránsito progresivo desde modelos de racionalidad técnica hacia concepciones que reconocen al profesor como sujeto reflexivo y agente de cambio. Se han descrito trayectorias y ciclos de desarrollo que transitan desde enfoques transmisivos hacia prácticas participativas, críticas y orientadas a la innovación (Imbernón, 1999; Park y Oliver, 2008; Perafán, 2013; Astudillo et al., 2010; Mendoza, 2018). Modelos de progresión profesional, como el de Clarke y Hollingsworth (2002), o programas recientes de innovación responsable (Romero et al., 2017), coinciden en destacar la importancia de itinerarios sostenidos, colaborativos y metacognitivamente guiados, que promuevan comunidades docentes críticas y reflexivas (Phillips et al., 2022; Braten, 2016; Kienhues et al., 2016). Estos marcos refuerzan la idea de que el cambio docente se produce en ciclos de reflexión, acción y retroalimentación, donde el acompañamiento profesional y la construcción compartida de criterios resultan decisivos.

A partir de estos antecedentes, se hace necesario diseñar itinerarios formativos que integren el análisis de concepciones, la reflexión crítica y la incorporación explícita de marcos metacientíficos en propuestas didácticas situadas, generadas por los propios docentes. Tales itinerarios no solo potencian el desarrollo

individual, sino que favorecen transformaciones colectivas en las comunidades de práctica, consolidando procesos de profesionalización sostenibles.

En este marco, el presente artículo tiene como objetivo presentar los fundamentos teóricos y describir un diseño innovador de itinerario formativo para profesorado de ciencias naturales, orientado al fortalecimiento de concepciones metacientíficas y didácticas, de competencias reflexivas y propositivas del profesorado.

Si bien la propuesta ha sido implementada con docentes en ejercicio, el énfasis de este trabajo se sitúa en su fundamentación conceptual y estructura de diseño, con el fin de aportar orientaciones que posibiliten su replicabilidad y adaptación en otros contextos de formación docente.

## 2. METODOLOGÍA

Las decisiones metodológicas que acá se plantean forman parte de un Estudio de Diseño, o Design Based Research (DBR, por sus siglas en Inglés), definidos como investigaciones de intervenciones educativas que tienen el doble propósito de: 1) generar conocimiento (meta teórica), pero también; 2) producir mejoras en las prácticas educativas a partir de innovaciones en diseños formativos. El término diseño se refiere al diseño instruccional que se prepara deliberadamente y se somete a investigación, en un estudio de campo. (Cobb et al., 2003; Collins et al., 2004, Rinaudo et al., 2010; Rinaudo, 2025).

Dado que el objetivo de desarrollo fue diseñar un itinerario de formación con fundamentación metateórica y didáctica para la reflexión acerca de la NdCyT y la posibilidad de su incorporación en la práctica docente de profesores de ciencias, a continuación se presenta el diseño del itinerario formativo.

### 2.1. Fundamentación filosófica y teórica

La propuesta está orientada hacia la formación crítica y reflexiva del profesorado, que invita a la superación de la crisis de la racionalidad occidental y su repercusión en la educación como modelo educativo tecnocrático e instrumental, en el cual el rol docente queda reducido a funciones técnicas y reproductivas del orden legitimado (Bordieu y Passeron, 1966). Se trata de redimensionar la concepción profesional de este actor educativo, enfatizando la importancia de la innovación y de la práctica reflexiva (Braten, 2016; Feucht et al., 2017; Vázquez et al., 2007).

Así, la reflexión constituye un eje central para la formación del profesorado orientada a la toma de conciencia y evaluación de los marcos organizadores e intereses individuales y colectivos y permiten la construcción o reconstrucción de nuevos conocimientos y prácticas (Porlán et al., 1998). Lo anterior, orientado a superar la poca reflexividad que la racionalidad técnica ha impuesto desde las tradiciones, rutinas y concepciones dominantes, en relación a la ciencia y la enseñanza de ésta.

Por ello, con la idea que desarrollar actitudes y prácticas docentes más críticas y autónomas, en la cual la disposición del profesorado es fundamental, éste debe reconocer la necesidad de reestructurar su práctica. En rigor, el itinerario formativo parte del conocimiento e ideas preexistentes para que estas sean objeto de reflexión sostenida, orientada a su reconfiguración (Astudillo et al., 2010; Braten, 2016; Ravanal, 2016)

Esta reflexión, fundamentada teóricamente acerca de la CyT, permitiría la superación de la perspectiva kantiana cientificista y también cuestionar la visión positivista, por acción de un ejercicio reflexivo en un trabajo de alto nivel cognitivo y metacognitivo, en tanto, por una parte, de acuerdo con Fourés (2011), se promueve la relación de los conocimientos previos de los profesores con la nueva información (acerca de los aspectos epistémicos y no-epistémicos, conceptos de ciencia, técnica, tecnología, tecnociencia, alfabetización científica y tecnológica, ciclo constructivista del aprendizaje, diseño de unidades didácticas), la integración de ambas en un nuevo conocimiento y el almacenaje de la información en la memoria para, subsiguientemente, poder recuperarla y usarla.

Por su parte, los procesos metacognitivos, a partir de la reflexión, estarían orientados a reconocer problemas, dilemas, obstáculos en las concepciones y prácticas, identificar las causas de los problemas, anticipar decisiones, desarrollar un seguimiento de lo nuevo, reconocer y valorar ideas relevantes de los

marcos teóricos compartidos, reconocer la necesidad de reestructurar ideas y prácticas (Porlán et. al., 1998; Gil, 2004).

Adicionalmente, con la discusión acerca de la NdCyT, la alfabetización científica y el diseño de secuencias didácticas para la incorporación en la enseñanza de estos contenidos metacientíficos, permite revisar también acerca de las finalidades de la educación científica y cómo la enseñanza de las ciencias contribuiría a ello de una forma más adecuada.

Por tanto, se consideró el carácter reflexivo individual y conjunto, metacognitivo, a través de contenidos y actividades teóricamente sustentadas acerca de la enseñanza de la NdCyT como eje central que permite la reflexión en otros ámbitos a través del trabajo cooperativo en equipos, así como en el contexto de aula con sus situaciones reales, en un proceso longitudinal.

## 2.2. Fundamentación didáctica

Respecto de qué enseñar sobre NdCyT, se optó por aquellos contenidos contemplados por el enfoque CTS ya que es más amplio que los enfoques puramente epistemológicos acerca de la NdCyT, pues en él destacan las múltiples relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Esta decisión se tomó sobre la base de que la educación científica demanda la alfabetización de todos los ciudadanos, y que ésta a su vez, demanda la comprensión “de” la ciencia –productos-, y la comprensión “acerca” de la ciencia –procesos, y cómo opera hoy, lo que se engloba desde el enfoque CTS.

La comprensión “acerca” de la ciencia se denomina usualmente Nature of Science en la literatura anglosajona con la caracterización de una ciencia y tecnología imbricadas, interdependientes (Echeverría, 1998; Niiniluoto, 1997) donde aparece el término tecnociencia, ampliamente discutido y controversial, pero que según Vazquez y Manassero (2012, 2016, 2017), “en el ámbito educativo (...) permite, por analogía, extender de una manera natural el concepto de NdC a la denominación integral de naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT)”. (p. 296)

**Cuadro 1. Algunos aspectos de NdC.**

Aspectos epistémicos: naturaleza de los procedimientos de la ciencia	Aspectos epistémicos: naturaleza del conocimiento científico
Observación e inferencia	Características de las teorías científicas
Metodologías científicas	Diferencias entre leyes y teorías científicas
Papel de las hipótesis	Diferencias y relaciones entre ciencia y tecnología
Creatividad e imaginación	Diferencias en la interpretación científica de un mismo fenómeno
Papel de la experimentación en la ciencia	Provisionalidad de las teorías científicas
Papel de los errores en el desarrollo de la ciencia	Dominancia de algunas teorías científicas sobre otras
Influencia de las creencias personales, actitudes y habilidades de los científicos	Carácter tentativo y dinámico del conocimiento científico
Papel de los esquemas de clasificación	
Interés de las controversias científicas para el avance de la ciencia	
Diseños de investigación y resultados experimentales	
Influencia de la especialidad del científico en la planificación y desarrollo de una investigación científica	
Pregunta que dirige la investigación y objetivos perseguidos	
Modelos y modelización en la ciencia	
Aspectos no-epistémicos: factores internos a la comunidad científica	Aspectos no-epistémicos: factores externos a la comunidad científica
Papel de la comunicación científica	Influencia de la política en la ciencia
Relaciones profesionales dentro de la comunidad científica	Patriotismo nacionalista
Personalidad del científico	Papel de las patentes
Relaciones personales entre científicos	Contexto histórico, social y cultural
Papel de la comunidad científica en la aceptación de las teorías científicas	Apoyo político a la investigación
Habilidad retórica y estrategias semánticas para persuadir de las ideas propias	Apoyo económico a la investigación
Cooperación científica	Influencia de la sociedad en la ciencia
Competitividad científica	Influencia de la ciencia en la sociedad
Aspectos morales y éticos	Impacto de la ciencia en asuntos socioeconómicos
Influencia del género	Ciencia y religión
	Papel de la prensa en la divulgación de la ciencia

Fuente: Acevedo et al., (2017)

Estos autores comienzan a trabajar bajo este término en el año 2012, declarando que es una visión ampliada de larga data con toda una tradición de investigación, pero que hoy cobra valor gracias que los contenidos educativos CTS son metaconocimientos que superan el marco puramente epistemológico de principios filosóficos que fundamentan la construcción, desarrollo, validación y difusión del conocimiento científico, ampliándolo hacia los contextos internos y externos de las comunidades científicas, desarrollados desde múltiples áreas: historia, filosofía, sociología, psicología, economía, política, entre otras.

Por ello, sobre la base pretendida de promover la comprensión acerca de la NdCyT, como contenidos de este metaconocimiento con “valor para la educación científica” (Adúriz, 2005) y como “reto innovador y arduo para el profesorado de Ciencias porque asume una visión integrada de la CyT donde ambas forman un binomio indisoluble, significativamente presente en sociedad” (Vázquez et al., 2012), se consideran algunos aspectos epistémicos y no epistémicos de NdC que se muestran en cuadro 1 (Acevedo et al., 2017).

Así, la idea central en el itinerario de formación fue discutir acerca de aspectos epistémicos (Naturaleza del conocimiento y sus procedimientos) y aspectos no-epistémicos (Factores internos y externos a las comunidades científicas y tecnológicas), dentro de los cuales subyacen las relaciones entre el conocimiento científico y el tecnológico.

Asimismo, se abordó también la alfabetización científica y tecnológica como eje fundamental para la educación y la enseñanza de las ciencias. En este sentido, se desarrolla el paralelismo que tiene con la NdCyT por el valor educativo como contenido en sí misma y los diferentes tipos/niveles de alfabetización. De otra parte, también se desarrolla teóricamente el diseño de secuencias didácticas con base en los aportes de las etapas del aprendizaje constructivista, orientado a considerar teórica y metodológicamente nuevas formas de planificar la enseñanza de los contenidos científicos (de la ciencia y acerca de la ciencia)

Considerando los principales aspectos del CdC-NdC que un profesor de ciencias debería desarrollar de acuerdo con Acevedo (2009), también se desarrolla lo siguiente:

- a) Confianza en la capacidad para enseñar aspectos de NdCyT en el aula e interés en hacerlo.
- b) Elementos de didáctica específica sobre la NdCyT para hacer conexiones entre ésta y la estructura conceptual de los temas científicos.
- c) Materiales y recursos didácticos para implementar adecuadamente en el aula una enseñanza explícita y reflexiva sobre la NdC.

### 2.3. Objetivos formativos

El Itinerario de Formación se denomina La Naturaleza de la Ciencia y Tecnología en la enseñanza de la Química, y se constituye por cuatro núcleos de formación, que se desarrollan a través de 20 sesiones de trabajo, y están configurados para la formación y reflexión metacientífica acerca de la CyT, y la incorporación de estos aspectos de la NdCyT en la enseñanza de las ciencias como contexto (embebido o contextualizada), cuestión ampliamente demandada en la educación científica de muchos países.

En este orden de ideas, se presenta una descripción breve de cada uno de estos núcleos formativos en cuadro 2.

**Cuadro 2** Núcleos formativos: objetivos, descripción y duración

Objetivos	Descripción
<b>Núcleo 1. Concepciones y decisiones docentes</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconocer las formas de pensar, decir, hacer docente, en contraste con lo vivenciado en su trayecto formativo.</li> </ul>	<p>Foco en que los participantes reconozcan sus propias formas de pensar, decir y hacer en la docencia. Promueve que los docentes proyecten y conozcan sus concepciones sobre la ciencia, la tecnología, la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación, para finalmente reflexionar sobre cómo estas ideas influyen en sus decisiones pedagógicas.</p> <p><b>Sesiones: 3</b></p>



Objetivos	Descripción
<b>Núcleo 2. Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Promover la reflexión en torno a la complejidad de algunos aspectos epistémicos y no epistémicos relacionados con los procesos de generación de conocimiento científico y tecnológico</li> <li>Promover la reflexión acerca de las complejas relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, y la diversidad terminológica en el ámbito epistemológico y didáctico.</li> </ul>	<p>Promueve una comprensión profunda de la NdCyT a través de la reflexión sobre aspectos epistémicos y no epistémicos de la ciencia y la tecnología, así como sus complejas relaciones con la sociedad. Se abordan temas como la observación, la creatividad y los factores internos y externos a las comunidades científicas, con el fin de que los participantes definan la ciencia y la tecnología como procesos sociales.</p> <p><b>Sesiones: 6</b></p>
<b>Núcleo 3. Problematicación del contenido objeto de enseñanza</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Explicitar prioridades e intereses en cuanto al contenido que enseña. Hacer pensables las decisiones que toman.</li> <li>Identificar la posibilidad de trabajar contenidos científicos y tecnológicos a través de un marco problemático real, reflexionando acerca de la pertinencia de sus decisiones curriculares.</li> <li>Identificar tipos de contenidos que podrían incorporarse a la enseñanza, así como preguntas-problema que podrían orientar una propuesta didáctica en el aula.</li> </ul>	<p>Foco en la aplicación del conocimiento nuevo, explicitando sus prioridades e intereses en el contenido que enseñan, discutiendo la finalidad educativa de la NdCyT y proyectando su importancia en la alfabetización científica y tecnológica. De esta forma configuran secuencias didácticas para la enseñanza de contenidos curriculares con enfoque en NdCyT, basándose en los intereses y prioridades explicitados.</p> <p><b>Sesiones: 7</b></p>
<b>Núcleo 4. Implementación y reflexiones en relación a la experiencia de formación</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Explicitar prioridades e intereses en cuanto al contenido que enseña. Hacer pensables las decisiones que toman.</li> <li>Reflexionar acerca del potencial del proceso de formación.</li> </ul>	<p>Foco en que los participantes valoren el trabajo de diseño de sus secuencias de enseñanza, proyecten sus expectativas de implementación en el aula y reflexionen acerca de la implementación realizada. También reflexionar sobre el potencial del proceso de formación, culminando con una toma de conciencia del aprendizaje vivenciado a lo largo de todo el itinerario.</p> <p><b>Sesiones: 4</b></p>

## 2.4. Estrategias, actividades y recursos de enseñanza

Como estrategia general, se consideró un enfoque explícito y reflexivo ampliamente recomendado por la literatura con la intención de aproximar al profesor participante a la comprensión de la NdCyT (Acevedo, 2009). Lo anterior implica que estos contenidos a enseñar se planifiquen y aborden de manera intencional y explícita en contextos diversos como la Historia y Filosofía de la Ciencia (HFC), las cuestiones tecnocientíficas controvertidas como se desarrolló en esta investigación. De esta forma, las actividades estuvieron orientadas a debatir sobre la CyT como una forma de actividad humana influida por la cultura, la política y la sociedad, así como sobre las implicaciones sociales del conocimiento que produce, revisando en casos de estudio y considerando permanentemente las concepciones propias.

Como actividades para enseñar NdCyT se consideraron en el diseño:

- Lúdica de Situaciones y escenarios (Vásquez y Manassero, 2017) que plantean la enseñanza de NdCyT en situaciones más auténticas, donde el fenómeno no se oculta al observador, pero los indicios observables son limitados o susceptibles de múltiples interpretaciones, aunque realistas.
- Casos y controversias históricas (Acevedo et al., 2017) El uso didáctico de estas narraciones trata de propiciar la ciencia en el contexto social de su época y los factores contingentes de su desarrollo.
- Asuntos tecnocientíficos con interés social y episodios históricos de la ciencia post-académica como parte de los recursos que permiten advertir a través de su estudio, que la ciencia y la tecnología se encuentran en permanente interacción con la sociedad civil (Acevedo, 2009).
- Desarrollo reflexivo de lecturas con identificación de respuesta anterior y respuesta posterior que no sólo permite exteriorizar sus concepciones iniciales, sino que también permite contrastarlas luego de la lectura, elaboración vía imágenes y socialización.

Adicionalmente, y con las características precedentes, se optó por promover la discusión y conceptualización, presentando referentes teóricos y problematizando en relación a controversias sociocientífico-tecnológicas y casos históricos reales, pero también temas de actualidad específicos de y estrategias lúdicas descontextualizadas. La estrategia global inicia por la presentación de lo que se conoce

como NdCyT, algunos aspectos epistémicos y no epistémicos consensuados para la enseñanza de la NdCyT desde el enfoque CTS-EC (Manassero et al. 2000; Acevedo et al. 2016), y su reconocimiento, reconstrucción permanente; primero orientado y luego más autónomo, hacia el final de las sesiones realizadas. De igual forma, la identificación progresiva de nuevos enfoques de la ciencia, sus interrelaciones con la Tecnología y la Sociedad. Por ello, una estructura global para la enseñanza de la NdCyT a través de 8 sesiones de trabajo, tomó la siguiente forma:

- Conceptualización de NdCyT, aspectos no-epistémicos y epistémicos en contexto y sin contexto.
- Conceptualización de Ciencia, Tecnología, Técnica y Tecnociencia
- Reconocimiento autónomo e integrado de aspectos epistémicos y no epistémicos en contexto.
- Integración de los aspectos de NdCyT, revisión de contextos/recursos.

Como actividades para la enseñanza de una nueva orientación para planificar, se desarrollaron relatos de diseño habitual para poner en perspectiva:

- Producción de relatos que deja fluir vivencias, ideas y representaciones con mayor espontaneidad acerca del diseño habitual para su posterior contrastación y reflexión (Astudillo et al., 2008).
- Elaboración de secuencias didácticas de forma orientada, sustentada, proyectiva, argumentada (Astudillo et al., 2008).

## **2.5. Estructura de las sesiones de trabajo**

En el itinerario se consideró la perspectiva de Sanmartí (2000), en la que se recupera el trabajo en niveles de complejidad y abstracción, siempre sobre la base de la concepción del profesorado. También se tomaron elementos orientadores de la indagación dialógica problematizadora de los trabajos de De Longhi y Bermúdez (2015), por la posibilidad de problematización y recuperación de ideas previas, promoción de construcción de significados compartidos y legitimación de lo compartido. Esta estrategia se fundamenta en orientaciones aportadas por Lemke, Wells y Freire y confiere al facilitador de la sesión el rol promotor del proceso de construcción de conocimientos y significados individuales y grupales, promoviendo la circularidad del mensaje a partir instancias de narración, descripción, reflexión, explicación, discusión, argumentación y fundamentación de ideas (De Longhi et al., 2014; 2015).

## **2.6. Plan de evaluación/análisis**

Dado que el Itinerario de Formación es el diseño instructivo dentro de un Estudio de Diseño, y en sus núcleos formativos hay sesiones de trabajo y/o de terreno en las cuales se desarrollan variadas actividades en papeles de trabajo, grabaciones de sesión, con una serie de productos para la evaluación del proceso formativo y del objetivo de investigación, en un proceso cualitativo y de campo, se privilegian técnicas e instrumentos de producción de información para la reconstrucción de las teorías subjetivas, contemplando técnicas e instrumentos de apoyo y para cada uno, desde una perspectiva teórica, se desarrollaron las siguientes aproximaciones conceptuales que justifican su utilización dentro de la investigación.

En relación con las actividades e instancias de producción de la información, estas se describen y sustentan a continuación:

### **Entrevistas**

Se desarrollan entrevistas focalizadas y dirigidas luego de los procesos de reflexión, distanciada sobre el visionado que hizo cada profesor participante a sus clases. Esto se realiza en tres oportunidades: 1) tras observar dos clases habituales; 2) otra entrevista sobre el visionado de dos clases en las que implementó su diseño didáctico, y 3) tras visualizar las últimas dos clases de la implementación.

Para el desarrollo del proceso de entrevista, se toman en consideración las recomendaciones operativas de Álvarez-Gayou (2003) y Flick (2012). Adicionalmente, se acompaña con la técnica de generación de estructura (Flick, 2012), que permita al entrevistado validar la información a través de la elaboración de una estructura consensuada.

### **Observación como participante empleando la videograbación y notas**

En el itinerario, la observación participante se desarrolla en dos sentidos: el primero, de forma permanente sobre el desarrollo de cada sesión del itinerario de formación y el segundo, en las clases de los profesores participantes. En ambos casos, son requeridos los consentimientos informados y el resguardo de aspectos éticos de todos los involucrados (docentes, estudiantes, apoderados). El profesorado también se hace observador y metarreflexiona sobre sus clases, a partir de la reflexión distanciada.

### Narraciones escritas-Metarreflexiones escritas

Dado que son un tipo de documento personal (Marcelo et al., 1991) y es una de las formas en que los participantes pueden organizar su comprensión del mundo, la narración o relato tiene un propósito explicativo acerca de los motivos en las decisiones, vivencias, relevancias, expectativas (Gibbs, 2012), ya que durante el proceso de formación se solicita en reiteradas oportunidades distintas narraciones, entre ellas acerca del aprendizaje escolar, del diseño habitual, de las expectativas de implementación, de la formación recibida. Por tanto, se plantea como una actividad de metarreflexión escrita e implica "hacer pensables las posiciones y decisiones, que se ordenan en el plano del discurso; se hacen evidentes desde el texto escrito y se convierten en objeto de reflexión" (Astudillo et al., 2010: 8).

### Secuencias didácticas

Son documentos profesionales muy empleados en los estudios sobre el pensamiento del profesor, ya que generalmente son producidos por él para el mismo, como una guía que permita regular o evaluar su acción, en el aula, (Marcelo et al., 1991). En el caso de la investigación se solicitó a los profesores su elaboración en algunas sesiones o trabajo autónomo, como producto de un conjunto de actividades. La elaboración de secuencias didácticas siguió el modelo de Sanmartí (2000) y ambos productos se constituirán en base de reflexión de los profesores a la luz de su implementación.

Por su parte, en cuadro 3 se relacionan los ámbitos de análisis, las instancias de producción de la información y los instrumentos a emplear para ello.

**Cuadro 3** Relaciones entre Actividad/Ámbito de análisis/Instrumentos utilizados.

ÁMBITO DE ANÁLISIS	INSTANCIA DE PRODUCCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS UTILIZADOS
Núcleo de Formación 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productos de papeles de trabajo de sesiones 1-3</li> <li>• Sesiones 1-3</li> </ul>	Grabaciones audiovisuales de las sesiones/producciones escritas
Núcleo de Formación 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productos de papeles de trabajo de sesiones 4-11</li> <li>• Sesiones 4-11</li> <li>• Observaciones participantes, narración escrita</li> </ul>	Grabaciones audiovisuales y producciones escritas
Núcleo de Formación 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productos de papeles de trabajo de sesiones 12-16</li> <li>• Sesiones 12-16</li> <li>• Observaciones participantes, narración escrita</li> <li>• Entrevista focalizada dirigida</li> <li>• Reflexión distanciada</li> </ul>	Cuaderno de notas, grabaciones audiovisuales, documentos escritos, grabaciones de audio
Núcleo de Formación 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productos de papeles de trabajo de sesiones 17-20</li> <li>• Sesiones 17-20</li> <li>• Observaciones participantes, narración escrita</li> <li>• Entrevista focalizada dirigida</li> <li>• Metarreflexiones escritas</li> </ul>	Cuaderno de notas, grabaciones audiovisuales, documentos escritos, grabaciones de audio

Fuente: Los autores

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diseño del Itinerario de Formación proporciona una relación secuencial entre los núcleos formativos, construyendo desde lo personal (concepciones), pasando por lo teórico (NdCyT), a lo práctico (diseño de unidades) y, finalmente, a lo metacognitivo (reflexión sobre el proceso), por lo que es un itinerario con un enfoque deliberado que permite a los docentes reformular sus prácticas de enseñanza de manera consciente y fundamentada.

Se constituye por cuatro núcleos que, de manera progresiva y articulada, orientan a los docentes hacia una comprensión compleja y transformadora de la enseñanza de las ciencias.



El Núcleo 1 sitúa la reflexión en el plano personal, confrontando concepciones y decisiones docentes con la propia trayectoria formativa, lo que permite generar conciencia crítica sobre el modo de enseñar y evaluar. Así, inicia con una mirada introspectiva que invita a los docentes a reconocer y hacer conscientes sus propias concepciones, lo que es clave ya que parte del fundamento del itinerario radica en que, para reformular las prácticas docentes, es necesario primero comprender la base de las concepciones que las sustentan.

Una vez que los docentes han explorado sus referentes mentales, el itinerario introduce una perspectiva explícita y reflexiva (Núcleo 2) sobre la NdCyT, tratándola como un contenido de enseñanza. Este núcleo enriquece el pensamiento de los participantes al problematizar conceptos y relaciones históricas, sociales y epistemológicas de la ciencia, permitiendo reconocer nuevos referentes o puntos de vista cuya enseñanza explícita es demandada actualmente en la educación científica. En este núcleo, se presentan valiosos espacios y experiencias de aprendizaje para que el profesorado identifique de forma autónoma y progresiva, aspectos epistémicos y no epistémicos de NdCyT, por medio de ejemplos y casos ya sea en una enseñanza embebeded que involucró asuntos tecnocientíficos con interés social y episodios históricos de la ciencia post-académica, o no-embebeded con el análisis de situaciones y escenarios, para favorecer progresivamente el desarrollo de una mayor amplitud temática que pueda reflejarse en el discurso oral y escrito.

Ambos núcleos de formación promueven el desarrollo profesional acompañado, contribuyen a que los docentes desarrollen colectivamente criterios nuevos de referencia, cimentando una coherencia metateórica y didáctica compartida por medio de la facilitación profesional a las necesidades específicas de docentes de ciencias, fomentando percepciones positivas, crecimiento profesional e inclusión progresiva de los docentes (Talaftian et al., 2023).

Por su parte, el Núcleo 3 problematiza los contenidos y decisiones curriculares, vinculándolos con la alfabetización científica y tecnológica y con el diseño de unidades didácticas que reflejen una visión reflexiva de la enseñanza. Se les pide que apliquen sus nuevas comprensiones para diseñar secuencias didácticas que integren la NdCyT. Por tanto, este núcleo permite conectar la teoría con la práctica, haciendo que las decisiones curriculares sean un acto reflexivo y fundamentado, un esfuerzo metacognitivo del profesorado. Con este carácter iterativo y colaborativo, que invita a los docentes a diseñar intervenciones y reflexionar con evidencia empírica, investigaciones señalan que no solo mejora sus conocimientos tecnológicos y pedagógicos (TPACK), sino que también refuerza su capacidad de tomar decisiones didácticas justificadas, evaluar críticamente sus prácticas e integrar recursos para la enseñanza con propósito claro (Fowler et al., 2024; Seboka et al., 2025).

Finalmente, en el Núcleo 4 se orienta la implementación y evaluación del proceso, fomentando la socialización de propuestas, la reflexión metacognitiva y la transformación de las prácticas docentes. Culmina con la reflexión sobre la implementación, que es un cierre metacognitivo que permite a los docentes valorar su experiencia y el proceso de aprendizaje, consolidando las nuevas ideas y promoviendo una reformulación de sus prácticas docentes en el futuro. Al respecto, estudios evidencian que el desarrollo profesional basado en estudios de diseño promueve no solo el dominio técnico-pedagógico, sino también la confianza, autogestión y apropiación del proceso por parte de los docentes (Fowler et al., 2021; Seboka et al., 2025). También, al promover la observación participante de los docentes en las grabaciones de sus clases, y facilitar la identificación de patrones de interacción, reflexionar sobre su práctica y modificar su visión profesional con información estructurada y co-interpretada, potencia la iteración reflexiva apoyada en evidencia (Ngoon et al., 2024). Esto explica cómo el diseño de espacios retroalimentados funciona como nodo epistemológico fuertemente conectado a mejoras ajustadas en tiempo real.

Particularmente, considerar el diseño y experimentación de nuevas hipótesis didácticas en los dos últimos núcleos formativos, promueve que el profesorado pueda planificar, implementar y evaluar la enseñanza orientada por las etapas del aprendizaje constructivista de Jorba y Sanmartí (Sanmartí, 2000), para la enseñanza de contenidos de NdCyT en conexión con la estructura conceptual de los contenidos científicos que normalmente se desarrollan curricularmente. Estos procesos de ajustes y estabilidad interna que se propician cuando docentes participan activamente en las decisiones de diseño, se condice con el rol formativo de la participación activa de docentes que trabajan en colectivo o hacia una meta común, ya

que se impulsan cambios metodológicos, replanteamientos de la identidad docente y un desarrollo profesional sustantivo anclado en prácticas reflexivas y colectivas (Blasco-Serrano et al., 2024).

Finalmente, la secuencia no solo promueve cambios individuales en las concepciones del profesorado, sino que también habilita procesos de construcción colectiva de conocimiento profesional, consolidando un enfoque explícito, reflexivo, metacognitivo y orientado a reformular críticamente la enseñanza de las ciencias.

#### 4. CONCLUSIONES

A modo de conclusión, este trabajo demuestra que el diseño de un itinerario de formación secuencial y deliberado, anclado en la reflexión personal y en la naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT), es una posibilidad para promover una reformulación profunda y fundamentada de las concepciones y prácticas de enseñanza en docentes de ciencias. La progresión meticulosamente planificada a través de sus cuatro núcleos formativos proporciona una ruta sustentada para el desarrollo profesional.

Como enfoque de sistema de formación, no solo promueve el desarrollo de nuevos conocimientos en el profesorado, sino que también fomenta una reestructuración de sus referentes metacientíficos y didácticos (sus concepciones docentes). Así, el itinerario contribuye de manera significativa al campo de la didáctica de las ciencias al proponer un modelo de formación que integra explícitamente la reflexión epistemológica y la práctica didáctica iterativa, fundamentado en preceptos que demuestran que la construcción de conocimiento profesional puede ser un proceso colectivo, anclado en la evidencia y en la colaboración, lo que representa un avance sustancial sobre los modelos de capacitación tradicionales. La eficacia del itinerario radica en su capacidad para promover una coherencia metateórica y didáctica compartida, lo que fortalece no solo las competencias individuales, sino también de comunidad profesional.

Los hallazgos de este estudio tienen implicaciones directas para la práctica y la política educativa. El itinerario propuesto sirve como un marco teórico y práctico viable para el diseño y la implementación de futuros programas de desarrollo profesional docente, enfatizando la importancia crítica de las experiencias de aprendizaje que fomentan la autogestión, la toma de decisiones basada en la evidencia y el aprendizaje entre pares. A nivel teórico, este trabajo enriquece la comprensión de cómo el profesorado de ciencias puede construir y aplicar el conocimiento de la NdCyT de manera significativa, sirviendo como base para modelos futuros que exploren la interconexión entre el sentir, el pensar y el hacer docente del profesorado de ciencias. Al documentar esta propuesta de diseño, se proporciona un esquema para que otras investigaciones repliquen y adapten este proceso a sus propios contextos, lo que potencia el avance del conocimiento colectivo en la comunidad investigadora.

Como innovaciones introducidas, el itinerario tiene elementos diferenciadores frente a programas tradicionales de formación docente tales como: 1) ampliación del enfoque CTS hacia la NdCyT, integrando aspectos epistémicos y no-epistémicos de la ciencia y la tecnología (Vázquez et al., 2012, 2016); 2) Enfoque explícito y reflexivo sobre la NdCyT, considerado como condición indispensable para su aprendizaje significativo (Acevedo, 2009); 3) inserción de controversias sociocientíficas contextualizadas en la realidad local y global, que permiten vincular la enseñanza con problemáticas reales de la sociedad; 4) articulación progresiva desde la reflexión guiada hacia la autonomía del profesorado en el diseño de secuencias didácticas y finalmente; 5) uso de recursos innovadores (lúdica de situaciones, producción de relatos pedagógicos, episodios históricos, debates sobre tecnociencia) que promueven el pensamiento crítico y la metacognición.

Para investigaciones futuras, es pertinente profundizar en el impacto a largo plazo de este itinerario, llevando a cabo estudios longitudinales que evalúen la persistencia de los cambios en las prácticas docentes y, lo que es más importante, su efecto en la formación científica escolar de los estudiantes.

## Criterios éticos y transparencia

Durante la preparación de este trabajo los autores utilizaron GeminiAi y ChatGPT en los procesos de redacción del primer borrador. Posterior al uso de estas herramienta, los autores han revisado y editado el contenido y toman total responsabilidad del trabajo publicado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, J. (2009). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I): el marco teórico. *Revista Eureka sobre enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 21-46.
- Acevedo, J., García, A. y Aragón, M. (2017). Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. *Educación química*, 28(3), 140-146.
- Acevedo, J., y García, A. (2016). Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (1), 3-19.
- Adúriz, A. (2005b). *Una Introducción a la Naturaleza de la Ciencia*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica
- Álvarez-Gayou, J. (2003). *Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y Metodología*. México: Paidós Educador.
- Astudillo, C., Rivarosa, A. y Ortiz, F. (2008). El discurso en la formación de docentes de ciencias. Un modelo de intervención. *Revista Iberoamericana de Educación*, 45 (4).
- Astudillo, C., Rivarosa, A. y Ortiz, F. (2010). Estudio de un diseño de formación para profesores de Ciencias: consideraciones metodológicas. *REIFOP*, 13 (4)
- Barona, C. Verjovsky, J., Moreno, M., y Lessard, C. (2004). Concept of the nature of science (NOS) of a group of teachers in an immersion program of teacher training in science. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 6(2) ,1-19.
- Blasco-Serrano, A. C., Coma-Roselló, T., Royo López I. y San Miguel Lafuente, I. (2024). Desarrollo profesional docente a través de un proyecto participativo. Una investigación colaborativa. *Bordón, Revista de Pedagogía*, 76(1), 13-30. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2024.96336>
- Braten, I. (2016). Epistemic Cognition Interventions: Issues, Challenges and Directions. En: J. Greene, W. Sandoval e I. Braten. *Handbook of Epistemic Cognition* (pp. 360-371). New York: Routledge.
- Cardoso, N., y Morales, E. (2015). ¿Cuál es el grado de actualización de los profesores de ciencias en formación y en ejercicio respecto a temas epistemológicos de la naturaleza de la ciencia y la tecnología? *Interacções*. 34:175-200
- Clarke, D J , & Hollingsworth, H (2002) Elaborating a model of teacher professional growth *Teaching and Teacher Education*, 18(8), 947-967. DOI: 10.1016/S0742-051X(02)00053-7
- Cobb, P., Confrey, J., Disessa, A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). "Design Experiments in Educational RESEARCH". *Educational researcher*, 32(1), 9-13.
- Collins, A., Joseph, D. & Bielaczyc, K. (2004). "Design Research: Theoretical and methodological Issues". *The Journal of the learning sciences*, 13(1), 15-42.
- De Longhi, A. y Bermúdez, G. (2015). *Estrategias didácticas para enseñar Biología*. Cuadernos de Didáctica para la formación docente inicial y continua. Córdoba, España: Universidad Nacional de Córdoba.
- Duc Dat, N., Van Bien, N. & Kraus, S. (2024). The Impact of the Curriculum on Pre-service Physics Teachers' Nature of Science Conceptions. *Sci & Educ* 33, 1231-1256 <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00430-x>
- Echeverría, J. (1998). *Filosofía de la Ciencia*. Madrid: Akal.
- Fernández, I., Gil Pérez, D., Valdés, P. y Vilches, A. (2005). ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? En D. Gil Pérez, B. Macedo, J. Martínez-Torregrosa, C. Sigifredo, P. Valdés, y A. Vilches (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años* (pp. 29-62). Oficina Regional de Educación de la Unesco para América Latina y el Caribe.
- Feucht, F., Lunn Brownlee, J., y Schraw, G. (2017). Moving Beyond Reflection: Reflexivity and Epistemic Cognition in Teacher and Teaching Education. *Educational Psychologist*, 52(4), 234 - 241.
- Flick, U. (2012). *Introducción a la investigación cualitativa*. España: Morata.
- Fourés, C. I. (2011). Reflexión docente y metacognición. Una mirada sobre la formación de formadores. *Zona próxima*, (14), 150-159.

- Fowler, S., & Leonard, S. N. (2021). Using design based research to shift perspectives: a model for sustainable professional development for the innovative use of digital tools. *Professional Development in Education*, 50(1), 192–204. <https://doi.org/10.1080/19415257.2021.1955732>
- Gibbs, G. (2012). *El análisis de datos cualitativos en Investigación cualitativa*. Madrid: Ediciones Morata
- Gil, L. (2004). *La Actividad metacognitiva como desencadenante de procesos autorreguladores en las concepciones y prácticas de enseñanza de los profesores de ciencias experimentales una propuesta de formación del profesorado*. (Tesis de Doctorado. Universitat Autònoma de Barcelona)
- Imbernón, F. (1994). *La formación y el desarrollo profesional del profesorado. Hacia una nueva cultura profesional*. España: Graó
- Jiménez, R. y Wamba, A. (2003). ¿Es posible el cambio en los modelos didácticos personales?: Obstáculos en profesores de Ciencias Naturales de Educación Secundaria. *Revista Interuniversitaria de formación del profesorado*, 17(1), 113-131.
- Kienhues, D., Ferguson, L., y Stahl E. (2016). Diverging Information and Epistemic Change. En J. Greene, W. Sandoval e I. Braten. *Handbook of Epistemic Cognition* (pp. 318-330). New York: Routledge.
- Kinyota, M., & Rwimo, B. (2021). Developing Student Teachers' Conceptions of the Nature of Science: An Assessment of a Pre-Service Science Teacher Programme in Tanzania. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 25, 269 - 279. <https://doi.org/10.1080/18117295.2022.2041788>.
- Manassero, M. y Vázquez, A. (2000). Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*. 37. 187-208
- Marcelo, C., Parrilla, A.; Mignorance, P., Estebaranz, A., Sánchez, M., Llinares, S. (1991). *El estudio de caso en la formación del profesorado y la investigación didáctica*. España: Universidad de Sevilla
- Martín-García, J. (2021). Nada es lo que parece: una reflexión sobre las visiones deformadas de la ciencia. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (50), 257 - 274. <https://doi.org/10.17227/ted.num50-9996>.
- Mendoza, A. (2019). Ciencia, tecnología e innovación: Concepciones del profesorado en El Salvador. *Revista Panamericana de Pedagogía*, (27: 75-98).
- Ngoon, T. J., Sushil, S., Stewart, A. E., Lee, U. S., Venkatraman, S., Thawani, N., ... & Ogan, A. (2024, May). ClassInSight: Designing Conversation Support Tools to Visualize Classroom Discussion for Personalized Teacher Professional Development. In *Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-15).
- Niiniluoto, I. (1997). Ciencia frente a tecnología: ¿diferencia o identidad?. *Arbor*, 620, 285-299
- Park, S y Oliver, J. (2008). Revisiting the Conceptualizations of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38,261–284
- Perafán, G. (2013). La transposición didáctica como estatuto epistemológico fundante de los saberes académicos del profesor. *Revista de la Facultad de Humanidades*, (37), 83-93.
- Peters-Burton, E. E., Tran, H. H., & Miller, B. (2023). Design-Based Research as Professional Development: Outcomes of Teacher Participation in the Development of the Science Practices Innovation Notebook (SPIN). *Journal of Science Teacher Education*, 35(3), 221–242. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2023.2242665>
- Phillips, A., Rahman, S., Zhong, Q., Cesljarev, C., Liu, C., Ariyaratne, T., McClain, J., & Akerson, V. (2022). Nature of Science Conceptions and Identity Development among Science Education Doctoral Students: Preparing NOS Teacher Educators. *International Journal of Research in Education and Science*. <https://doi.org/10.46328/ijres.2986>.
- Porlán, R. y Rivero A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Díada Editora.
- Ravanel, E. (2016). Creencias y práctica en profesores de ciencias: ideas para pensar un programa de desarrollo profesional desde la evaluación docente. *REXE-Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 11(22), 171-185.
- Rinaudo, M. (2025). Investigación basada en diseños: hacia una ampliación de horizontes. En Martinecco et al. (Comps). *Investigación basada en diseños : experiencias y proyecciones en el campo de la educación*. UniRío Editora, 2025. Pp. 8-29.
- Rinaudo, M. C., & Donolo, D. (2010). Estudios de diseño. Una perspectiva prometedora en la investigación educativa. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, (22). Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/red/article/view/111631>
- Sanmartí, N. (2000) El diseño de unidades didácticas. En Perales, F. y Cañal, P. (Eds), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (239-266). España: Marfil.

- Seboka, S., Nehru, J., & Sime, T. (2025). Impacts of design-based professional development on teacher educators' integration of Google apps into course instruction. *Discover Education*, 4(1), 1-18.
- Siso, Z. y Cuéllar, L. (2017). Relaciones entre las concepciones de naturaleza de la ciencia y la tecnología, y de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de profesores de química en ejercicio. Una primera aproximación al esquema conceptual del profesor. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (41), 17-36.
- Talafian, H., Lundsgaard, M., Mahmood, M., Shafer, D., Stelzer, T., & Kuo, E. (2025). Responsive professional development: A facilitation approach for teachers' development in a physics teaching community of practice. *Teaching and Teacher Education*, 153, 104812.
- Tinoca, L., Piedade, J., Santos, S., Pedro, A., & Gomes, S. (2022). Design-based research in the educational field: A systematic literature review. *Education Sciences*, 12(6), 410.
- Vázquez, A. y Manassero, M. (2013). La comprensión de un aspecto de la naturaleza de ciencia y tecnología: Una experiencia innovadora para profesores en formación inicial. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10 (Núm. Extraordinario), 630-648. DOI: 10498/15618
- Vázquez, Á., y Manassero, M. (2012). La selección de contenidos para enseñar NdCyT (parte 2): Una revisión aplicada a los currículos de ciencias españoles. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 32-53. DOI: 10498/14623
- Vázquez, Á., y Manassero, M. (2016). Un modelo formativo para mejorar las ideas de los profesores sobre temas de naturaleza de ciencia y tecnología. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 20(2), 56-75.
- Vázquez, Á., y Manassero, M. (2017). Juegos para enseñar la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico. *Educación*, 53(1), 149-170.
- Vázquez, B., Jiménez, R. y Mellado, V. (2007). El desarrollo profesional del profesorado de ciencias como integración de la reflexión y la práctica. La hipótesis de la complejidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, septiembre, 372-393.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons  
Atribución-NoComercial 4.0 Internacional