

ANÁLISIS DE LAS INTERACCIONES EDUCATIVAS EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: UNA MIRADA DESDE EL CUARTETO DE CONOCIMIENTO

ANALYSIS OF EDUCATIONAL INTERACTIONS IN SCIENCE EDUCATION: A VIEW FROM THE KNOWLEDGE QUARTET

Jaime Solís- Pinilla
Docente, Universidad de Chile
Magíster en Didáctica de las Ciencias Experimentales
Santiago, Chile
jaimesolis@uchile.cl
ORCID: [0000-0003-3287-5437](https://orcid.org/0000-0003-3287-5437)

Christian Miranda-Jaña
Profesor titular, Universidad de Chile
Doctor en Educación
Santiago, Chile
christian.miranda@u.uchile.cl
ORCID: [0000-0001-8318-675X](https://orcid.org/0000-0001-8318-675X)

Cristian Merino-Rubilar
Profesor adjunto, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales
Valparaíso, Chile
cristian.merino@pucv.cl
ORCID: [0000-0002-1156-2581](https://orcid.org/0000-0002-1156-2581)

José Luis Medina-Moya
Catedrático, Universidad de Barcelona
Doctor en Filosofía y Ciencias de la Educación
Barcelona, España
jmedina@ub.edu
ORCID: [0000-0002-9487-9065](https://orcid.org/0000-0002-9487-9065)

Resumen: En la enseñanza de las ciencias, es relevante que el conocimiento pedagógico docente permita prácticas que transformen las concepciones alternativas estudiantiles mediante Interacciones Educativas (IE) efectivas. Sin embargo, en Chile persiste un modelo de enseñanza centrado en el docente y alejada de la comprensión estudiantil sobre fenómenos naturales. El presente estudio explora los elementos que caracterizan el conocimiento pedagógico del profesor que forman parte de las IE en el

Fecha recepción: 17 de marzo de 2024

Fecha aceptación: 27 de mayo de 2024

DOI: 10.5354/2735-7279.2024.73695



aula, mediante el modelo de Cuartetos de Conocimiento (KQ). Por medio de un estudio cualitativo de casos múltiple, se analizan videograbaciones y entrevistas a dos docentes de ciencias de una escuela de financiamiento mixto en la Región Metropolitana, Chile. Desde un enfoque interpretativo, los resultados muestran tres metacategorías: conceptual; dialógico-epistemológica y reflexiva. Las IE ponen a prueba el conocimiento docente, cuyo ánimo por intercambiar elementos simbólicos, movilizándole a identificar, reflexionar y actuar buscando el tránsito conceptual y epistemológico de sus estudiantes. Se concluye que el KQ permite profundizar sobre las IE, aunque es necesario ahondar sobre la complejidad de las IE desde la perspectiva del docente-persona, su reflexividad, así como los tránsitos cognitivos y emocionales del profesional y sus estudiantes.

Palabras clave: proceso de interacción educativa, relación profesor-alumno. ambiente de la clase, enseñanza de las ciencias.

Resumo: No ensino de ciências, é relevante que o conhecimento docente permita que as práticas transformem concepções alternativas dos alunos por meio de Interações Educativas (IE) efetivas. No entanto, no Chile ainda existe um modelo de ensino centrado no professor e distante da compreensão dos fenômenos naturais pelos alunos. Este estudo explora os elementos que caracterizam o conhecimento do professor sobre os conteúdos que fazem parte da IE em sala de aula, utilizando o modelo de Quartetos de Conhecimentos (QC). Por meio de um estudo qualitativo de casos múltiplos, são analisadas videogravações e entrevistas com dois professores de ciências de uma escola de financiamento misto da Região Metropolitana do Chile. A partir de uma abordagem interpretativa, os resultados categorizam o conhecimento dos professores sobre IE em três categorias: conceitual; dialógico-epistemológico e reflexivo. A IE coloca à prova o conhecimento do professor, cujo objetivo é trocar elementos simbólicos, mobilizando-os para identificar, refletir e agir em busca do trânsito conceitual e epistemológico de seus alunos. Conclui-se que o QC permite aprofundar o conhecimento docente em interação, embora seja necessário aprofundar a complexidade da IE na perspectiva do professor-pessoa, sua reflexividade, bem como os trânsitos cognitivos e emocionais do profissional e de seus alunos.

Palavras-chave: processo de interação educativa, relação professor aluno, ambiente de sala de aula, ensino das ciências.

Abstract: In science teaching, it is relevant that teachers' pedagogical knowledge allows practices that transform students' alternative conceptions through effective Educational Interactions (EI). However, in Chile there is still a teaching model centered on the teacher and far from the students' understanding of natural phenomena. This study explores the elements that characterize the pedagogical knowledge of the teacher that are part of the EI in the classroom, through the Knowledge Quartets (KQ) model. Through a qualitative multiple case study, video recordings and interviews with two science teachers from a mixed-financing school in the Metropolitan Region, Chile, are analyzed. From an interpretative approach, the results show three metacategories: conceptual; dialogical-epistemological and reflexive. EI puts teacher knowledge to the test, whose aim is to exchange symbolic elements, mobilizing them to identify, reflect and act in search of the conceptual and epistemological transit of their students. It is concluded that the KQ allows us to delve deeper into EI, although it is necessary to delve into the complexity of EI from the perspective of the teacher-person, their reflexivity, as well as the cognitive and emotional transits of the professional and their students.

Keywords: educational interaction process, student teacher relationship, classroom environment, science education.

INTRODUCCIÓN

La actual sociedad en la era de la información, sumada a los acontecimientos sanitarios y sociales, requieren confiar en la Alfabetización Científica (Bal-Taştan et al., 2018; Viveros y Sánchez, 2018). Dicha afirmación radica en el incremento de fuentes de información que incurrir en datos falsos o imprecisos, así como aplicaciones que facilitan su difusión en los últimos años (Rana et al., 2018). La enseñanza de las ciencias, en este escenario, asume la necesidad de desarrollar habilidades críticas para el uso responsable de datos, lo que hace imprescindible conocer las visiones de mundo del estudiantado en formación.

Así, las prácticas docentes en ciencias buscan enfocarse en conocer las concepciones alternativas de los estudiantes para mejorar el diseño, implementación y evaluación de sus clases (Rabanales y Vanegas- Ortega, 2021). Para ello, el conocimiento pedagógico docente en ciencias debe propiciar prácticas, donde las interacciones entre docente y estudiante permitan el intercambio de elementos simbólicos bajo un proceso de aprendizaje recíproco (Castellaro y Peralta, 2020).

A pesar de dichos enfoques educativos en educación científica, estudios sobre prácticas en ciencias revelan la persistencia de modelos de enseñanza tradicionalistas, enfocados en el contenido y escasos espacios prácticos para desarrollar habilidades de argumentación e indagación (Larraín et al., 2022; Matuk et al., 2021). Diversos autores describen prácticas en ciencias centradas en el docente, en el contenido y basadas en interacciones mayoritariamente unidireccionales dado un conocimiento del contenido universalista, racionalista y autoritario (Calabrese-Barton, 2000; Figueroa-Céspedes et al., 2020; Thapaliya y Luitel, 2024).

Sobre las Interacciones Educativas (en adelante IE), una revisión de la literatura en contextos escolares, muestra una inclinación metodológica hacia el diseño e implementación de herramientas paramétricas que evalúan el desempeño docente, quedando de manifiesto la falta de profundización sobre elementos del conocimiento docente para el intercambio de ideas, resolución de preguntas, valoración de aportes y oportunidades de aprendizaje tanto autónoma como colaborativamente (Solís-Pinilla et al., 2024).

En las ciencias naturales, las IE forman parte de la discusión en la literatura. Ejemplo de ello es el estudio de Adamson et al. (2021) quienes buscan fomentar el compromiso de estudiantes frente al cambio climático en interacción con expertos o el trabajo de Herpich et al. (2021) los que evalúan interacciones sobre herramientas virtuales durante la implementación de laboratorios mediante Realidad Aumentada. Lo anterior refleja un campo en desarrollo y de interés.

Si bien el conocimiento docente en ciencias naturales es un campo conocido, nuevos modelos sobre el Conocimiento Pedagógico del Contenido (sigla en inglés PCK) asumen desafíos por vincular este aspecto a las relaciones docente-estudiante en el aula

(Carlson et al., 2019). De manera opuesta, el trabajo de Rowland et al. (2003) propone una teoría sobre el conocimiento disciplinar manifestado empíricamente en la Matemática llamado “Cuarteto de Conocimiento” -KQ-. Dicho marco involucra elementos que se manifiestan en la acción e interacción con sus estudiantes y que considera su naturaleza relacional situada (Gardesten, 2022). Adicionalmente, KQ ofrece apertura y flexibilidad para aplicar en otras disciplinas (Rowland, 2013), lo que representa una oportunidad para mirar las IE en la enseñanza de las ciencias naturales.

Por ello, en un ánimo de precisar los elementos presentes en las IE en el aula, cabe cuestionarse: ¿Cómo se manifiestan los elementos del conocimiento pedagógico docente que surgen de las interacciones educativas, en el aula de ciencias naturales?

A partir de lo anterior, el objetivo de este trabajo busca caracterizar elementos del conocimiento pedagógico docente en ciencias que surgen de la visualización de Interacciones Educativas ejercidas, mediante la teoría del Cuarteto de Conocimiento.

Interacciones Educativas

En la escuela, los procesos comunicativos buscan conectar cognitivamente la realidad conocida y aquello que es emergente y novedoso. Esto se logra mediante la negociación de significados y el encuentro de elementos simbólicos que son compartidos en actividades llevadas a cabo mediante acuerdos (Pastells, 2022).

En el aula, el docente asiste el progreso gradual de los aprendices y, con mediadores, interactúa con ellos para avanzar a sus Zonas de Desarrollo Próximo (Acevedo y Gomel, 2020). Sumado al acto educativo, hay que considerar el espacio físico que ocupa la institución escolar, sus elementos culturales, organización e identidad (Ceballos-Vacas et al., 2023). En las aulas coexisten docente y estudiantes, que además de interactuar socialmente, lo hacen de manera educativa en contextos situados (Umaña et al., 2020).

Las interacciones educativas-IE- se han redefinido con el tiempo, siendo inicialmente descritas como ritos cotidianos y comportamientos con expresiones, vestimentas y símbolos que diferencian roles (Goffman, 2023). Con las demandas que la educación del siglo XXI sostiene, nuevas definiciones refieren al fenómeno como una afectación de esencia bidireccional (Granja, 2013). Razo y Cabrero (2016) plantean que las IE son actividades y relaciones vinculantes, las cuales buscan estimular el aprendizaje junto con el desarrollo de habilidades sociales, intelectuales y creativas, las que son influyentes en el clima de aprendizaje y la disposición por aprender.

Cuarteto de Conocimiento (KQ)

El Conocimiento Pedagógico del Contenido disciplinar -PCK- está compuesto por elementos sobre el pensamiento estudiantil sobre la ciencia, el currículo, estrategias de instrucción específicas, evaluación del aprendizaje y enfoques de la enseñanza disciplinares que apuntan a la toma de decisiones emergentes en las aulas para así adecuarse a las particularidades de cada aula (Zhai, 2021). Con el tiempo, nuevos paradigmas educativos han resignificado estos componentes del PCK en ciencias naturales, cuya complejidad y dinamismo incluyen las diversidades en el aula y sus actuales demandas (Park, 2019).

A partir de lo anterior, modelos contemporáneos sobre el PCK en ciencias, como el Modelo Redefinido de Consenso (Carlson et al., 2019), muestran acercamientos a las dimensiones personales, contextuales y colectivas influyentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje estudiantil. A pesar de ser dinámico y multidimensional, este modelo se asume incapaz para establecer “una relación específica entre las acciones de los maestros y el aprendizaje de los estudiantes” (p.93).

A diferencia de las ciencias naturales, el estudio de las IE tiene recorrido en la enseñanza de la matemática. Rowland (2013) diseña una teoría que profundiza sobre el PCK aplicado a las decisiones sobre prácticas docentes que incluyen los significados y percepciones al enseñar un contenido (Rowland et al., 2005). Dicho marco, llamado “Cuarteto de Conocimiento” -KQ- está constituido por cuatro dominios: acción, fundación, transformación, conexión y contingencia (ver tabla 1).

Tabla 1
Dimensiones del Cuarteto de Conocimiento (KQ)

Dimensión	Descriptor	Ejemplos
Fundación	Conocimiento y comprensión de la disciplina, así como de su pedagogía específica, creencias sobre su naturaleza, propósitos y condiciones que propician un mejor aprendizaje disciplinar.	Uso de terminología, identificación de errores, conocimiento de la asignatura, fundamentación pedagógica.
Transformación	Formas de presentar el contenido en forma de analogías, ejemplos, uso de ilustraciones y demostraciones.	Elección de ejemplos y representaciones, materiales, presentación de demostraciones.
Conexión	Secuencia lógica del diseño de clases que considera las demandas cognitivas de diversas tareas y temas.	Anticipación a eventos complejos, decisiones sobre secuencias didácticas, conexiones entre conceptos y actividades.
Contingencia	Capacidad para responder de forma razonable y convincente frente a eventos imprevistos y no planificados.	Uso de oportunidades no planificadas, capacidad de respuesta ante eventos desafiantes.

Fuente: Adaptado de Rowland (2013).

Según Breen et al. (2018), KQ ofrece versatilidad para conocer los conocimientos de docentes de Matemática, representando una herramienta para profundizar y redefinir el conocimiento docente en función de la enseñanza que ejerce, incluyendo sus IE (Quirke, 2022), así como para entender la manera en que ellos creen que los estudiantes comprenden la asignatura (Jarauta y Medina, 2012).

En síntesis, la enseñanza de las ciencias demanda nuevas formas de comunicar, seleccionar, intercambiar ideas y tomar decisiones informadas ante problemáticas científicas. Sin embargo, se registran desafíos en la forma que los docentes interactúan con sus estudiantes respecto de los actuales enfoques de la educación científica, por lo que es necesario conocer elementos del conocimiento docente que influyen en el clima para el aprendizaje, y por ende en las IE (Razo y Cabrero, 2016). Para responder a la

pregunta, se usará el marco del KQ para caracterizar los elementos del conocimiento pedagógico del docente de ciencias naturales, al revisar sus IE en el aula.

METODOLOGÍA

Para alcanzar el objetivo, este estudio adopta una metodología cualitativa que permite observar, describir y caracterizar episodios clave, interpretando fenómenos desde los significados de sus actores (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2023). Bajo un paradigma interpretativo, este trabajo se articula por lo mencionado por O'Donoghue (2006) bajo el hecho que el conocimiento es construido socialmente, siendo indisoluble la vinculación entre las personas. El presente trabajo concibe la construcción del conocimiento desde las interacciones generadas entre los que, a través del lenguaje, producen símbolos y significados sobre su mundo sensorial por medio del pensamiento (Schwalbe, 2020). En este contexto, las prácticas del docente de ciencias expone una serie de conocimientos que buscan la negociación simbólica colectiva en el aula y así, construyen significados sobre los fenómenos de la naturaleza.

Participantes

El tipo de muestreo es no probabilístico por conveniencia (Cohen, 2011), justificado por la accesibilidad y cercanía que los docentes tenían con el equipo de investigación. Siendo inicialmente una muestra de cuatro docentes, solo dos aceptaron participar en este estudio. Ambos de sexo masculino, desarrollan el ejercicio de la profesión en un establecimiento de financiamiento mixto diurno de la comuna de La Florida, Chile.

El primer docente (T1) de 35 años de edad, cuenta con 10 años de experiencia y realiza clases de ciencias naturales en séptimo año de educación primaria, con un curso de 27 estudiantes. El segundo (T2), de 27 años, cuenta con 5 años de experiencia y se desempeña en el primer año del ciclo de enseñanza secundaria, impartiendo la asignatura de física a 29 estudiantes. Tanto a los docentes como a sus estudiantes se ha resguardado su identidad, además de las respectivas gestiones de consentimientos y asentimientos informados.

Instrumentos

Se realizaron videograbaciones a tres sesiones de clase por docente, cada una de 90 minutos. Se utilizaron entrevistas semiestructuradas de recuerdo estimulado (Dempsey, 2010), para recoger la percepción y valoración de los docentes que se especializan en la enseñanza de las ciencias naturales respecto de los episodios de interacción seleccionados, definidos como eventos o momentos específicos dentro del aula que son significativos para el estudio de las interacciones educativas y el conocimiento del profesor.

Este tipo de entrevistas se ajusta a nuestros propósitos, ya que permite recordar sus experiencias recientes, revisando sus acciones y relacionando elementos en cada fragmento de clase seleccionado (Wiltbank et al., 2019), y así capturar las perspectivas internas de los participantes, proporcionando un contexto más rico y una comprensión profunda de sus comportamientos observados (Cohen et al., 2011).

La pauta de la entrevista, la cual ha sido validada por la Comisión de Ética de la Universidad de Chile, tiene diez preguntas, tres de las cuales apelan a la valorización del hito, mientras que los siete restantes a aspectos de evocación del recuerdo que incluyen la revisión de sus acciones y aspectos perceptivos sobre las reacciones de sus estudiantes. Dentro de ellas se profundiza el juicio de sus acciones, en la recepción de la intervención estudiantil y sus apreciaciones sobre la recepción sobre las preguntas y respuestas originadas en cada episodio seleccionado.

Estrategias de recogida y análisis de datos

Luego de cada videograbación, se realizó la selección de episodios de interacción en dos rondas. En primera instancia, el investigador principal seleccionó conforme a dos criterios: i) incidentes relevantes al objetivo del estudio y ii) que se adecúen al modelo PEP Profesor-Estudiante-Profesor (PEP) (Smith, 1989) y Estudiante-Profesor-Estudiante (EPE) (Jarauta y Medina, 2012).

Los criterios EPE- PEP provienen del intercambio conversacional verbal y no verbal, donde estudiantes interrogan o responden al docente, quien finalmente retroalimenta o no el proceso dialógico durante una clase, por ejemplo, transacciones dialógicas importantes en la lección, momentos donde se toman decisiones críticas pedagógicas o instancias de evaluación formativa. A partir de aquellos elegidos en primera ronda por el investigador, cada docente participante realizó una segunda selección de sus episodios, conforme a sus criterios de interés y relevancia para los formadores observados.

En un periodo no mayor a 72 horas después de cada clase grabada, se realizó una entrevista de recuerdo estimulado a partir de los episodios seleccionados. Mediante un análisis de contenido (Hernández- Sampieri y Mendoza, 2023) dichos datos, soportados por el software ATLAS-Ti (2021), fueron categorizados por comparación constante mediante un enfoque dialéctico interpretativo, donde confluyeron las subjetividades de los formadores observados (emic) que forman parte de las unidades de significado, en interacción con las categorías provenientes del marco teórico-conceptual KQ (etic) (ver tabla 1) y posterior construcción de meta-categorías que establecen espacios de confluencia entre el KQ sobre los fragmentos de IE estudiadas (Medina, 2006).

En síntesis, para esta investigación se incluyeron la triangulación de técnicas de levantamiento de información (observación no participante, entrevistas de evocación y análisis de contenido) e instrumentos (pauta de entrevista semiestructurada) que buscan su confirmabilidad.

RESULTADOS

Para normalizar las evidencias obtenidas de las transcripciones provenientes de las entrevistas, basadas en observaciones de fragmentos de sus clases, se usa un método de referencia alfanumérica (T1: profesor 1; T2: profesor 2). Además, “E” refiere a entrevista y “S”, a la intervención de estudiantes (S2, S3, etc. si interactúa más de uno), de acuerdo con el procedimiento utilizado.

Las frecuencias obtenidas de las unidades de significado se muestran en la tabla

2. Ordenadas en orden decreciente, predominan las categorías sobre contingencia (144 unidades), transformación (114), fundación y conexión (105 y 78 respectivamente).

Tabla 2

Unidades de significado, categorías y meta categorías del estudio

Unidad de significado	f	Categoría (KQ)	Metacategoría
COAC. Conocimiento sobre Objetivos y actividades curriculares	35	Conexión	Conceptual
EEP. Experiencias de enseñanza planificadas	21		
CC. Conocimiento curricular	22		
AD. Autopercepción del docente	5	Fundación	
CD. Conocimiento disciplinar	23		
CHEC. Concepciones históricas en la enseñanza de las ciencias.	8		
CPE. Caracterización de prácticas educativas	42		
IPC. Importancia de la práctica científica	8		
TTP. Tensión teórico- práctica	8	Contingencia	
VC. Valoración de la clase	11		
EE. Empatía con estudiantes	38		
EEE. Experiencias de enseñanza espontáneas	33		
ETC. Espacios de trabajo colaborativo	11	Transformación	Dialogico-epistemológica
VPE. Valoración de la participación estudiantil	62		
CDC. Conflicto disciplinar conceptual	4	Reflexión	Reflexiva
CDE. Conocimiento docente sobre sus estudiantes	6		
CIP. Concepciones respecto de los conocimientos o ideas previas	75		
LCE. Lenguaje compartido con estudiantes	29	Reflexión	
AP. Autoevaluación de la práctica	28		
CAIE. Construcción alternativa de IE	40		
CAME. Construcciones alternativas sobre metodologías de enseñanza	42	Reflexión	
VDE. Vinculación docente- estudiantes	7		

Fuente: Elaboración propia.

De este análisis obtuvieron 3 metacategorías que capturan la complejidad del conocimiento pedagógico docente sobre las IE en la enseñanza de las Ciencias Naturales: 1) conceptual (183 citas), 2) dialógico-epistemológica (258 citas). De forma emergente, surge una tercera metacategoría no categorizable por el KQ llamada “reflexión”, presentando 117 citas.

Metacategoría conceptual

Esta metacategoría reúne a aquellos aspectos de los episodios seleccionados, donde se vislumbran elementos propios del constructo docente, sus creencias, principios y conocimientos que durante su trayectoria profesional influyen en sus prácticas de la enseñanza científica. Incluye el dominio disciplinar, su progresión curricular, las habilidades necesarias para el logro de objetivos, la selección de metodologías y la proyección de las acciones situadas en niveles futuros.

Las creencias del profesorado sobre la disciplina, incluida su naturaleza, propósitos y formas de enseñanza, influyen en la toma de decisiones. La fundación de estas creencias incluye aspectos como la identificación de errores, la teoría disciplinar per se, el uso del lenguaje técnico y una visión deliberada de la enseñanza del contenido.

Un episodio que destaca, por el ánimo de abarcar aspectos epistemológicos del conocimiento en disciplinas científicas, se evidencia en la clase ante la necesidad de interactuar con los estudiantes respecto de la historia de la luz, la percepción sensorial y sus implicancias en el entendimiento de este fenómeno incluyendo las leyes que la sustentan en la actualidad, el que se presenta a continuación:

1. T2: (Mientras incide luz en un prisma) ¿Qué colores ven?
2. S1: Morado, azul, verde, amarillo, rojo, naranja.
3. T2: ¿Y por qué se ve así?
4. S1: Porque nosotros lo percibimos así.
5. T2: Newton comprobó a partir de esto que la luz blanca estaba formada por colores.

Al consultar sobre el episodio, T2 expresa la intención de emular hitos de la historia de la comprensión de la luz en relación con la percepción lumínica. Su finalidad está en confrontar perspectivas que, posteriormente, tendrán sustento en modelos en la historia de la comprensión de la luz.

Esta interacción tiene esa idea de sembrar una idea sobre un fenómeno que vamos a estudiar con más detalles más adelante, parte del modelo corpuscular. Entonces empezamos a hacer un diálogo entre lo que dice Huygens del modelo ondulatorio y el modelo de Newton, sin influir en sus decisiones. (E1T2_83,86)

Dentro de su proceder, se fundan elementos que dan importancia a la Naturaleza de la Ciencia que permitieron nuevas explicaciones acerca de fenómenos lumínicos. Para T2, es importante considerarlo dentro de su planificación y así, interactuar con sus estudiantes por medio de actividades que permitan comprender los cambios de paradigmas a lo largo del tiempo.

Siempre dudo de cómo hacer la discusión histórica, porque uno de los objetivos de la clase es que se dé cuenta de la que tiene la ciencia va desarrollándose en el tiempo, en cómo van cambiando los conceptos. (E1T2_21,22)

Coincidentemente T1 realiza las experiencias prácticas para la comprensión de fenómenos naturales como los aplicables a la fuerza, manifestando que el estado curricular actual no provee espacios para realizar actividades empíricas con elementos cotidianos.

El impacto que tiene que ellos vean la deformación de un resorte antes de ir al laboratorio (a ver fenómenos más complejos), es mucho más significativo que cuando haces el trabajo solamente de manera teórica. (E1T1_17-23)

Para ambos docentes, los principios formativos que fundan la toma de decisiones respecto a las actividades y la forma en que deciden interactuar de forma planificada con sus estudiantes, se sustentan en la relevancia de las experiencias. Ya sea con motivos de contextualizar marcos teóricos o mediante experiencias que fueron claves en la evolución

del conocimiento científico, existe un único propósito que busca aproximar elementos abstractos existentes en el currículum a la cotidianidad de los estudiantes a partir de experiencias tangibles.

Rowland (2013) define la conexión desde aquellos elementos y decisiones que buscan dar coherencia a las acciones planificadas curricularmente, buscando la integridad de los contenidos propuestos:

1. T1: ¿Me puedes ayudar con esto (entrega dinamómetro a E1)?, ¿Cómo mido esto (deformación de resorte)?
2. S1: Primero se mide sin deformación y, luego deformado.
3. T1: ¡Maravilloso!

En el segmento presentado, T1 comenta que planifica el uso de dinamómetros para evaluar el concepto fuerza sobre un objeto concreto: el resorte, conforme expresa interés por usar el concepto en el desarrollo de habilidades de pensamiento científico.

En esta etapa lo que hacemos es introducir a lo que trabajaremos en el laboratorio y mientras identifican elementos importantes de observar de esta actividad experimental, ya saben ellos cómo se deforman los resortes. (E1T1_13-14)

Como parte del proceso de aprendizaje, el docente busca desarrollar la capacidad de identificar elementos cotidianos como parte del constructo de conocimiento científico en sus prácticas. Sus saberes inducen en el aprendiz la búsqueda de nexos entre lo cotidiano y contenidos previos, con ello, busca reconfigurar nuevos significados y desarrollar habilidades de pensamiento científico.

Cuando se ha recogido información de los estudiantes, uno busca elementos comunes y se formalizan mediante una definición que acordaremos en el resto del semestre, entonces construyen ellos la definición del concepto de fuerza. (E1T1_7)

Por otro lado, T2 toma decisiones vinculadas a las necesidades con las que los aprendices se presentan durante las lecciones. La selección de actividades planificadas se realiza pensando en los desafíos que cada curso en particular presenta, mostrando flexibilidad ante las singularidades de cada aula.

Nosotros estábamos trabajando sobre la absorción de la luz, de las distintas longitudes de ondas de electromagnéticas. Yo les colocó un diagrama sin explicarlo completamente. (...) Como las habilidades científicas las han desarrollado poco en los últimos años (a causa de la educación remota), entonces es importante trabajar cómo ellos entienden ese diagrama y su información. (E2T2_65_69)

Al poner estos elementos en perspectiva, emergen, desde las interacciones, elementos de planificación que se sustentan en las necesidades y desafíos que enfrenta el aprendiz. Desde la visión del profesorado participante, el contexto sanitario ha mermado aquellas habilidades necesarias para la progresión curricular, considerándose relevantes en su repertorio e incorporándolas en la búsqueda de una comprensión más amplia de los fenómenos estudiados.

Meta categoría dialógico-epistemológica

En esta, las lecciones se sustentaron en levantar elementos simbólicos comunes para así transitar desde epistemes individuales hacia conceptos comunes y compartidos.

Para ambos docentes, la esencia de la enseñanza de las ciencias está en disponer de diversos elementos en la búsqueda de facilitar a sus estudiantes sobre la comprensión y profundización de una idea por medio de representaciones comunes y compartidas. A continuación, se presenta un extracto donde T2 enseña respecto del fenómeno de síntesis aditiva del color.

1. T2: Este láser da una luz roja y una luz verde ¿Qué pasa si los enciendo al mismo tiempo?
2. S1: Se ve amarillo.
3. T2: Si enciendo ambos, se ve amarillo. Este láser emite luz verde y roja que excitan a mi cerebro como lo haría la luz amarilla.
4. S2: ¿Engañan al cerebro no?
5. T2: Sí, de la misma forma que los proyectores y las pantallas de celular.
6. S3: Cuando uno saca una foto al proyector, se ven puntos ¿Lo podemos hacer?
7. T2: Coloquen sus celulares en video para experimentar.

En el extracto, el docente valora la concepción alternativa que S2 llama “engaño”, ya que dicho calificativo promueve la aparición de ideas sobre la aplicabilidad en otros aparatos electrónicos.

S2 mencionó que uno engaña al cerebro, que es una idea interesante de lo que es la luz, y que refiere a la síntesis aditiva. (...) Ahí surge de forma espontánea el comentario que si uno le saca una foto al proyector se pueden ver estos 3 colores. Entonces pensé, intentémoslo. (E2T2_29,31)

Para la clase, el uso de terminologías alternativas se evalúa en torno a su plausibilidad, dando valor al aporte de estudiantes y la espontaneidad de las interacciones.

Lo encontré muy bacán¹ (sic), porque al mismo tiempo fue una idea de descubrir algo nuevo, a partir de algo espontáneo. De una idea que tuvo un estudiante, fue escalando de cuando otros empezaron a aportar ideas. (...) Entonces se empieza a generar una discusión en cuanto a algo que estamos viendo. (E2T2_29-35,36)

El docente asume un rol facilitador originado desde las opiniones, requerimientos o sugerencias que los estudiantes aportan en el aula. Las experiencias movilizan el desarrollo de la clase por sobre lo planificado.

Por una cosa de motivación personal del momento y eso lo encontré bacán (sic), las conclusiones que sacamos no fueron maravillosas ni específicas, pero la experiencia del momento fue enriquecedora. (...) Creo que en ese caso las preguntas que hicimos son más importantes que las respuestas. (E2T2_37,38-40)

¹ "Bacán" es una expresión coloquial chilena que expresa algo excelente o destacado, similar a "genial" o "fantástico".

En el caso de T1, las concepciones alternativas son desafiantes debido a la existencia de discrepancias sobre el significado del concepto “variación”. El extracto a continuación muestra a los estudiantes, quienes no comprendieron operacionalmente las implicancias en la variación de la extensión de un resorte.

1. T1: Imagínense en mi cuenta del banco tengo 100 millones, y al día siguiente tengo 110 millones ¿Cuál es la variación?
2. S1: 10 millones.
3. T1: ¿Qué pasa si, en lugar de tener 100 millones mañana, tengo 90 millones?
4. S2: Varía 10 millones.
5. T1: O sea, ¿La variación de mi dinero si aumenta o disminuye es la misma?
6. S3: Sí.
7. T1: Entonces, ¿por qué me debería preocupar, si ganar o perder dinero es lo mismo?

Hay que conciliar esas posturas en algún momento y plantear interrogantes sobre esto, nosotros estamos trabajando estos conceptos. (...) Unas que las cosas que tenía en mente era colocar un contexto, cómo se miden variaciones en distintas áreas, en distintas disciplinas. (E2T1_6-10)

Para esta interacción, resalta la necesidad de compartir significados sobre el concepto que facilitan la negociación en el aula. La siguiente analogía explica su postura:

Si yo imagino en mi cabeza que una pelota de forma cúbica, y mi compañero me dice que una pelota es una esfera, entonces cada vez que hablemos de pelota, entonces claro vamos a entrar en discusión. (E2T1_35,36)

Ante lo anterior, el docente posiciona a la ciencia como eje transversal de las interacciones que decide efectuar con sus estudiantes, justificado en la universalidad del conocimiento y su aplicabilidad independiente del contexto, su principal preocupación.

Que entiendan la disciplina con conceptos que no están bien contruidos, que no están bien definidos, que no estén acordes a lo que la ciencia acepta como válido. (E2T1_33, 34)

La tensión sobre la analogía utilizada para explicar el significado de variación es una instancia de interacción que llevó a estudiantes a movilizarse respecto de sus saberes y transformar el significado conceptual.

Esa interacción se vale de un elemento particular que tiene una disonancia que se genera en los estudiantes con respecto al concepto de variaciones. (...) Fue un momento rico ya ese espacio que no es muy común que descubran ellos mismos. (E2T1_51, 53)

Metacategoría reflexiva

Este aspecto presente en las Interacciones Educativas, refiere a espacios donde el docente hace énfasis en su proceder, reconociendo elementos que permiten reconstruir el hecho, identifica un aspecto al que da valor y propone alternativas en búsqueda de nuevas interacciones futuras. En esta metacategoría, distante al planteamiento del KQ, se encuentran episodios de autoevaluación de sus prácticas,

ideas alternativas sobre episodios seleccionados y juicios de valor que sustentan su inquietud ante la situación planteada.

Durante las sesiones de T2, las actividades con uso de materiales permiten la participación de sus estudiantes. El pasaje a continuación expresa la invitación que hace a un estudiante para usar los espejos mientras explica la refracción de lumínica.

1. T2: Con este puntero láser... ¿Puedes ayudarme a levantar el espejo? Si yo apunto a ese espejo, ¿hacia dónde se va el láser?
2. S1: Se va hacia donde E2.
3. T2: Si E mueve el espejo, ¿va a cambiar donde apunta el láser?
4. S3: Sí.
5. T2: ¿Por qué?
6. S3: Porque el espejo cambia de posición. Apunta a mi espejo.

Durante la entrevista, el docente relata que lo que buscaba no era la respuesta del estudiante, sino que el grupo pudiera opinar de forma libre respecto del fenómeno de la reflexión de la luz. Luego de observar, expresa preocupación por cómo S1 participó, describiendo características influyentes en la interacción y que valoran nuevos escenarios donde puedan implementarse cambios.

No pensé hacer la pregunta dirigida a S1, sino como una pregunta abierta y aprovecharlo a él para que se sintiera parte del experimento, (...) Ahora que lo pienso quizás podría volver (a interactuar) con S1. (...) Porque es una persona que no participa tanto, pero siempre está atento a la clase, igual estaba siguiendo el experimento y quizás me confió. (E3T2_68-40)

Durante este relato, el docente reflexiona respecto de la importancia de invitar a interactuar a estudiantes quienes, por diversos motivos, no participan activamente en clases. Su principal motivación, en este aspecto, queda plasmada en que la actividad con espejos es insuficiente para explicar un fenómeno a nivel individual, generando propuestas de trabajo grupal y modelización por medio de esquemas.

En este caso se podría haber aprovechado más la participación de muchos estudiantes de la clase y eso se me ocurrió después. (...) Por ejemplo, se podría hacer un desafío de cuatro estudiantes que se reflejan espejos en todos los lugares si llega a otra parte, entonces ellos mismos van ajustando los reflejos en las superficies para que vaya llegando a un punto específico. (E3T2_42)

En el caso de T1, sus reflexiones buscan la participación de estudiantes más tímidos (S1) que, sin embargo, ven limitadas sus oportunidades debido a la participación de pares de desempeño reconocido y destacado (S2). El episodio se muestra a continuación:

1. S1: (sostiene un dinamómetro) Profesor, ¿uno pesa o masa?
2. T1: Fíjate lo que mide el resorte, ¿qué está midiendo?
3. S1: No sé (expresa confusión).
4. T1: Fíjate en la unidad de medida que tiene.
5. S2: (interviene) Profesor, entonces una pesa ¿mide masa o peso?
6. T1: (respondiendo a S2) Fíjate en la unidad de medida que tiene.

7. S2: Miligramos. Entonces en la balanza que tengo en mi casa ¿Mide masa o peso?,
8. T1: En realidad, ambas cosas.

Durante la entrevista, el docente se refiere sobre al concepto de deformaciones temporales ejercidos por la fuerza peso. Espontáneamente, se refiere a cómo administró la participación de ambos estudiantes.

El problema que veo ahora en la grabación es que S2 apaga la intervención de S1 y eso no debería pasar. Y ahí yo debería estar atento a responderle la pregunta de S1 en lugar de S2, ¿Sí? Yo lo voy a reforzar en la próxima sesión porque claro, eh (1 seg), tengo que acordarme de hacerlo. (E1T1_109)

Para T1, hay un antes y un después en torno a este episodio, dada la relevancia de asistir a cada estudiante en el aula. Su reflexión se centra sobre S2 y su pregunta al sentir que, debido a su manejo, le quitó protagonismo a S1.

S1 formula muy bien su pregunta, pero toma tanto protagonismo S2, que finalmente pareciera que la pregunta la hace inicialmente ella y que yo le respondo, pero me da la sensación de que S1 descansa (sic) en S2. (E1T1_136)

Tal fue la disonancia al revisar su práctica, que lo moviliza a tomar conciencia sobre la importancia de manejar el orden de intervenciones y sus consecuencias en el aprendizaje de ambos estudiantes.

Me queda como tarea ser cuidadoso en rescatar la pregunta inicial de S1. Porque qué pasó aquí ahora que lo veo, S2 “se comió”² (sic) la pregunta de la S1 y eso no debería ocurrir. (...)Lo que yo debo hacer es resolver la duda que tiene una estudiante en el momento específico, y no de la otra estudiante. (E1T1_130-132)

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El presente estudio explora elementos que caracterizan el conocimiento pedagógico docente en ciencias, que forma parte de las acciones, percepciones y creencias que influyen en las IE con sus estudiantes. Dos casos de aulas de Ciencias Naturales de educación primaria y secundaria se analizaron desde un enfoque interpretativo bajo el marco KQ.

Sobre la pregunta ¿Cómo se manifiestan los elementos del conocimiento docente que surgen de las interacciones educativas, en el aula de ciencias naturales? Podemos decir que las IE ponen a prueba el conocimiento docente, lo que se traduce en acciones que permiten identificar inconsistencias conceptuales, dificultades y barreras en contextos situados, lo que lo movilizan a cambiar y ajustar sus actividades y metodologías (Grossman et al., 2005). A través de este proceso, cada docente identifica, reflexiona y moviliza acciones que buscan el tránsito conceptual y epistemológico sobre un fenómeno natural conforme estimula la participación estudiantil.

² En este contexto, esta expresión coloquial chilena hace referencia a que una pregunta eclipsó, opacó o hizo que la otra opinión no fuera considerada relevante de responder.

Respecto al análisis de las IE bajo las dimensiones del KQ, emergen elementos del desempeño docente vinculados al conocimiento pedagógico en el acto de enseñar que forman parte de la “fundación”, visibles desde lo disciplinar y la identificación efectiva de concepciones alternativas (Rowland et al., 2003).

Es pertinente mencionar que, de acuerdo con Harrison et al. (2017), durante las actividades indagatorias, las interacciones entre docente y sus estudiantes crean ocasiones para el surgimiento de nuevas ideas. En concordancia al principio de “transformación” (Rowland, 2013), ambos docentes implementan actividades indagatorias que buscan dar luces al proceso científico. Como indica Yeh et al. (2019), la elección y uso de analogías, imágenes y demostraciones con elementos cotidianos, consideran la epistemología, valores y creencias situadas a la base de la construcción del conocimiento y comprensión de fenómenos.

Sobre actividades que propician espacios en los que el estudiante indaga fenómenos desde su realidad, los docentes consideran que las actividades prácticas influyen positivamente sobre las actitudes y el rendimiento académico desde la teoría de la interacción del aprendizaje (Pareek, 2019). Para el docente T1, el desarrollo empírico es fundamental en la formación teórica, pues interactúa con sus estudiantes de manera planificada mediante el uso de objetos e intercambian concepciones respecto de un fenómeno.

Para ambos casos, transitar sobre las concepciones alternativas de los aprendices es un aspecto fundamental en la búsqueda de consensos teórico- conceptuales y su implicancia en fenómenos cotidianos, lo que a la luz de la dimensión de “conexión”, se reflejó en el conocimiento sobre sus estudiantes, intereses y motivaciones.

Lo anterior permitió anticiparse ante situaciones tensionantes mediante el viraje de las actividades elegidas y secuenciadas. Para lograr esto, el docente busca establecer elementos simbólicos comunes, donde mediante un lenguaje común construye explicaciones sobre la naturaleza. Para ello, ambos docentes aprecian los espacios de diálogo para levantar elementos epistémicos situados. Cabe además destacar en ambos docentes que su conocimiento disciplinar, como de sus estudiantes, propicia en ellos la capacidad de anteponerse y superar los desafíos propios de la “contingencia”.

Si bien desde la observación de clases y entrevistas, emerge una metacategoría que trasciende al KQ. Consideremos que este estudio se enriquece desde nueva arista basada en la reflexividad docente sobre las actividades, propósitos de enseñanza en un entorno educativo dinámico y cambiante (Kaya y Öz, 2021). Mientras el docente reflexiona, como declara Korthagen (2017), transita cognitivamente por etapas de retrospectiva, toman conciencia sucesos, y construyen propuestas alternativas de acción que involucran aspectos cognitivos, afectivos y motivacionales.

Para concluir, se ha presentado un estudio para comprender las Interacciones Educativas desde el Cuarteto de Conocimiento. Los episodios clave seleccionados fueron muy profundos en el desarrollo de las entrevistas evocadoras del recuerdo, ya que los docentes participantes destacaron elementos clave que permitieron la emergencia de dimensiones bien definidas, incluyendo espacios de reflexión en la práctica, y resaltaron los espacios de conversación que nutrieron sus prácticas y que les permitieron concienciar sobre la relevancia de las IE.

El marco KQ ofrece una perspectiva interesante del conocimiento pedagógico docente en acción. Sin embargo, se hace imprescindible comprender elementos subyacentes a sus ciclos reflexivos, emocionales y cognitivos mientras se desempeña. Si bien KQ es una herramienta viable en nuestro campo de las Ciencias Naturales, se debe profundizar sobre la complejidad de las IE desde una perspectiva del docente-persona. Por lo anterior, los tránsitos cognitivos y emocionales estudiantiles representan una oportunidad para ampliar la visión del fenómeno conforme ambos interactúan y se desarrollan recíprocamente.

Ante lo anterior cabe preguntarse: ¿Cuál es el rol del docente, mientras interactúa con sus estudiantes en su tránsito cognitivo hacia la transformación de sus concepciones alternativas?, ¿qué implicancias tiene la IE sobre el tránsito cognitivo estudiantil?, ¿cómo la episteme estudiantil va transformándose a lo largo de su tránsito cognitivo? Y ¿cómo se transforman las IE si nos posicionamos en cada etapa cognitiva y emocional del aprendizaje estudiantil?

Desde esta aproximación, se proyecta un espacio con potencial para entender los procesos subyacentes a la enseñanza de las ciencias en el aula para, con ello, desarrollar programas que fomenten un cambio en las prácticas educativas de profesores de especialidades científicas a futuro.

Algunas limitaciones de este trabajo apuntan a la imposibilidad, producto de las medidas sanitarias, de poder registrar expresiones faciales o sonidos de alta calidad producto del uso de mascarillas. Los datos obtenidos de cada lección videograbada limitaron las posibilidades de entrevistas con preguntas sobre emociones expresadas de forma no verbal y episodios de interacción cuyos niveles acústicos no fueron elegibles para su transcripción y análisis. Sería deseable implementar micrófonos de solapa a la indumentaria de docentes participantes y generar nuevas instancias de videograbaciones cuando las medidas sanitarias desestimen el uso de elementos de protección personal.

Si bien el presente estudio establece una arista novedosa basada en la observación de elementos del contenido en enseñanza científica, mediante el marco KQ, se requieren datos adicionales que permitan aplicar estos resultados a otros contextos y actores involucrados para resultados más representativos.

AGRADECIMIENTOS

Fondecyt 1211417 (Universidad de Chile), Fondecyt 1211092 (Pontificia Universidad Católica de Valparaíso) y Beca de Magíster Nacional para Profesionales de la Educación/ 2021- 50210014 financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID). Gobierno de Chile.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, C., y Gomel, A. (2020). Conceptos e intersubjetividad en las clases de ciencias. Una aproximación vigotskiana. *Espacios en blanco. Serie indagaciones*, 30(2), 21-30. <https://doi.org/10.37177/UNICEN/EB30-276>

- Adamson, K., Lane, T., De Meyer, K., Carney, M., Oppenheim, L., Panitz, S., Price, H., Smith, E., y Watson, G. (2021). Enhancing physical geography schools' outreach: Insights from co-production and storytelling narratives. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 45(6), 907–930. <https://doi.org/10.1177%2F03091333211017698>
- Bal-Taştan, S., Davoudi, S., Masalimova, A., Bersanov, A., Kurbanov, R., Boiarchuk, A., y Pavlushin, A. (2018). The impacts of teacher's efficacy and motivation on student's academic achievement in science education among secondary and high school students. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(6), 2353-2366. <https://doi.org/10.29333/ejmste/89579>
- Breen, S., Meehan, M., O'Shea A. y Rowland, T. (2018). An analysis of university mathematics teaching using the knowledge quartet. En V. Durand-Guerrier, R. Hochmuth, S. Goodchild y N.M. Hogstad (Eds.), *Proceedings of the second conference of the international network for didactic research in university mathematics* (pp. 394–403). Kristiansand.
- Calabrese Barton, A. (2000). The culture of power and science education: Learning from Miguel. *Article in Journal of Research in Science Teaching*. 37(8), 871–889.
- Carlson, J., Daehler, K., Alonzo, A., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Ho, K., Cooper, R., Friederichsen, P., Gess-Newsome, J., Hence-Rietveld, I., Hume, A., Krischner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., Park, S., Rollnick, M., Sickel, A., Schneider, R., Kjung, J., Van Driel, J. y Wilson, C. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. En Hume, A., Cooper, R., y Borowski, A. (Eds.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (pp. 77-94). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2
- Castellaro, M., y Peralta, N. (2020). Pensar el conocimiento escolar desde el socio constructivismo: interacción, construcción y contexto. *Perfiles Educativos*, 42(168), 40–156. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2020.168.59439>
- Ceballos-Vacas, E., Trujillo-González, E., Fernández, M., y González, M. (2023). El Estudio de Caso en la Investigación del Cambio en la Cultura Escolar. *REICE Revista Iberoamericana Sobre Calidad Eficacia y Cambio En Educación*, 21(3), 193–209. <https://doi.org/10.15366/reice2023.21.3.011>
- Cohen, L., Manion, L., y Morrison, K. (2011). *Research Methods in Education*. Routledge.
- Dempsey, N. (2010). Stimulated recall interviews in ethnography. *Qualitative sociology*, 33(3), 349-367. <https://doi.org/10.1007/s11133-010-9157-x>
- Figueroa- Céspedes, I., Pezoa- Carrasco, E., Elías-Godoy, M., y Díaz-Arce, T. (2020). Habilidades de Pensamiento Científico: Una propuesta de abordaje interdisciplinar de base sociocrítica para la formación inicial docente. *Revista de Estudios y Experiencias En Educación*, 19(41), 257–286. <https://doi.org/10.21703/rexe.20201941figueroa14>

- Gardesten, M. (Febrero 2022) *Coordinating conceptual frameworks for an in-depth understanding of knowledge when teaching mathematics* (Conferencia). Proceedings of the Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME12), Bozen-Bolzano, Italy.
- Goffman, E. (2023). The presentation of self in everyday life. In W. Longhofer y D. Winchester (Eds.), *Social Theory Re-Wired: New Connections to Classical and Contemporary Perspectives* (3ra Edición) (pp. 450–459). Routledge.
- Grossman, P. L., Wilson, S. M., y Shulman, L. S. (2005). Teachers of Substance: Subject Matter Knowledge for Teaching. *Profesorado, Revista De Currículum Y Formación Del Profesorado*, 9(2), 1–25.
- Harrison, C., Nieminen, P., Correia, C., Serret, N., Papadouris, N., Tiberghien, A., Grangeat, M., y Rached, E. (2017). Assessment-on-the-fly: promoting and collecting evidence of learning through dialogue. En J. Dolin y R. Evans (Eds.), *Transforming classroom assessment in STEM* (pp. 83-107). Routledge. https://doi.org/10.1007/978-3-319-63248-3_4
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2023). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. (2ª Ed.). McGraw-hill.
- Herpich, F., Silva, P., y Tarouco, L. (2021). Efeito das interações dos estudantes de ciências com recursos educacionais em realidade aumentada para o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial. *RELATEC: Revista Latinoamericana de Tecnología educativa*, 20(2), 29- 47. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.20.2.29>
- Jarauta, B., y Medina, J. (2012). Fuentes y procesos de aprendizaje docente en el contexto universitario. *Revista Española de Pedagogía*, 252, 337-353.
- Kaya, G., y Öz, S. (2021). Investigation of the effect of teacher training programs on reflective thinking: ALACT model. *International Journal of Progressive Education*, 17(2), 275-291. <https://doi.org/10.29329/ijpe.2021.332.17>
- Korthagen, F. (2017). Inconvenient truths about teacher learning: Towards professional development 3.0. *Teachers and teaching*, 23(4), 387-405. <https://doi.org/10.1080/13540602.2016.1211523>
- Larraín, A., Gómez, M., Calderón, M., de Macedo, G., Ramírez, F., Guzmán, V., y Cofré, H. (2022). Descripción del conocimiento pedagógico del contenido de la argumentación en docentes que enseñan ciencias naturales en educación pública en Chile. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(1). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1602
- Matuk, C., Martin, R., Vasudevan, V., Burgas, K., Chaloner, K., Davidesco, I., Sadhukha, S., Shevchenko, Y., Bumbacher, E., y Dikker, S. (2021). Students learning about science by investigating an unfolding pandemic. *AERA Open*, 7, 1-19. <https://doi.org/10.1177/23328584211054850>

- Medina, J. (2006). *Análisis de datos cualitativos en el enfoque etnográfico. Deseo de cuidar y voluntad de poder. La enseñanza de la enfermería*. Publicaciones de la Universidad de Barcelona.
- O'Donoghue, T. (2006). *Planning your qualitative research project: An introduction to interpretivist research in education*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780203967720>
- Pareek, R. (2019). An assessment of availability and utilization of laboratory facilities for teaching science at secondary level. *Science Education International*, 30(1), 75-81.
<https://doi.org/10.33828/sei.v30.i1.9>
- Park, S. (2019). Reconciliation Between the Refined Consensus Model of PCK and Extant PCK Models for Advancing PCK Research in Science. *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*, 119–130.
https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_4
- Pastells, À. (2022). *Itinerarios didácticos para la enseñanza de las matemáticas (3-6 años)*. Graó.
- Quirke, S. (2022). *A performative lens on the mathematics-related teacher identities of out-of-field mathematics teacher-learners* [Tesis doctoral]. University of Limerick.
<https://doi.org/10.34961/researchrepository-ul.21591612.v1>
- Rabanales, F., y Vanegas-Ortega, C. (2021). Concepciones alternativas sobre astronomía en estudiantes de educación básica y media de la Región Metropolitana de Chile. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 47(2), 247-268.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052021000200247>
- Rana, D., Agarwal, I., y More, A. (2018). A review of techniques to combat the peril of fake news [conferencia plenaria]. *4th International Conference on Computing Communication and Automation (ICCCA)*, Greater Noida, India
<https://doi.org/10.1109/CCAA.2018.8777676>
- Razo, A. y Cabrero, C. (2016). *El poder de las Interacciones educativas en el aprendizaje de los jóvenes. Análisis a partir de la videograbación de la práctica docente en Educación Media Superior en México*. Secretaría de Educación Pública de México.
- Rowland, T. (2013). The knowledge quartet: The genesis and application of a framework for analyzing mathematics teaching and deepening teachers' mathematics knowledge. *Sisyphus—Journal of Education*, 1(3), 15-43.
<https://doi.org/10.25749/sis.3705>
- Rowland, T., Huckstep, P., y Thwaites, A. (2003). The knowledge quartet. *Proceedings of the British Society for research into Learning Mathematics*, 23(3), 97-102.
<https://bsrlm.org.uk/wp-content/uploads/2016/02/BSRLM-IP-23-3-17.pdf>
- Rowland, T., Huckstep, P., y Thwaites, A. (2005). Elementary teachers' mathematics subject knowledge: The knowledge quartet and the case of Naomi. *Journal of*

Mathematics Teacher Education, 8(3), 255–281. <https://doi.org/10.1007/s10857-005-0853-5>

Schwalbe, M. (2020). The spirit of Blumer's method as a guide to sociological discovery. *Symbolic Interaction*, 43(4), 597–614. <https://doi.org/10.1002/symb.469>

Smith, D. (1989). The construction of subject matter knowledge in primary science teaching. *Teaching and Teacher Education*, 5, 11-20. [https://doi.org/10.1016/0742-051X\(89\)90015-2](https://doi.org/10.1016/0742-051X(89)90015-2)

Solís–Pinilla, J., Miranda– Jaña, C., Merino– Rubilar, C. y Medina– Andrade, J. (2024). Interacciones Educativas en Contextos Escolares: una Revisión Sistemática. *Revista Complutense de Educación* 35(3), 575-586. <https://dx.doi.org/10.5209/rced.85790>

Thapaliya, P., y Luitel, B. C. (2024). Reflection-on-/in-/for-actions: Deconstructing hegemonic pedagogical culture in science education. *Cultures of Science*, 7(1), 64–76. <https://doi.org/10.1177/20966083241241351>

Umaña, M., Miranda, C., y Osorio, F. (2020). Uso educativo de TIC en un salón Montessori: diálogo entre la tecnología digital y los ritos de interacción social en el aula. *Revista de estudios y experiencias en educación*, 19(41), 29-42. <http://dx.doi.org/10.21703/rexe.20201941umana2>

Viveros, S., y Sánchez, L. (2018). Los modelos pedagógicos y los factores de desarrollo social, tecnológico y científico que los determinan: un análisis del contexto colombiano. *Revista Conrado*, 14(65), 318- 326. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/850>

Wiltbank, L., Williams, K., Salter, R., Marciniak, L., Sederstrom, E., McConnell, M., Offerdahl, E., Bpyer, J. y Momsen, J. (2019). Student perceptions and use of feedback during active learning: a new model from repeated stimulated recall interviews. *Assessment y Evaluation in Higher Education*, 44(3),431–448. <https://doi.org/10.1080/02602938.2018.1516731>

Yeh, Y., Erduran, S., y Hsu, Y. (2019). Investigating coherence about nature of science in science curriculum documents. *Science and Education*, 28(3), 291-310. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00053-1>

Zhai, X. (2021). Practices and theories: How can machine learning assist in innovative assessment practices in science education? *Journal of Science Education and Technology*, 30(2), 139-149. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09901-8>