



Integración de la tecnología en diseños de una actividad de aprendizaje: estudio de casos

Technology Integration in the Design of a Learning Activity: A Case Study

Andrea López Rodríguez

Facultad de Educación. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
lalopez4@uc.cl

Alejandra Meneses Arévalo

Facultad de Educación. Pontificia Universidad Católica de Chile. Villarrica, Araucanía Región, 7820436, Chile.
amenesea@uc.cl

RESUMEN • El estudio tiene por objetivo examinar los diseños de actividades mediadas por la tecnología creados por profesores de ciencias de secundaria a partir de la tecnología seleccionada, los conocimientos que orquestan y las contradicciones que emergen de la integración de la tecnología. Los diseños se analizaron en el marco del conocimiento tecnológico pedagógico y de contenido (TPACK) y de la teoría de la actividad (TA). Los hallazgos informaron que los profesores incluyen tecnología específica en el contenido, pero las metas de aprendizaje que formulan son de baja demanda cognitiva. Las principales contradicciones estuvieron asociadas a los conocimientos de los profesores, características de los estudiantes, acceso a la tecnología, reglas institucionales, etc. Finalmente, se discuten y se hacen recomendaciones para preparar a los profesores para la integración efectiva de la tecnología.

PALABRAS CLAVE: TPACK; Teoría de la actividad; Diseño de actividades; Tecnología; Contradicciones.

ABSTRACT • The study aims to examine the design of technology-mediated activities created by secondary science teachers drawing on the selected technology, the knowledge they orchestrate, and the contradictions that emerge from technology integration. Using the framework of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) and Activity Theory (AT), the designs were analyzed. The findings revealed that teachers integrate technology which is specific to the content, but the learning goals that they formulate involve a low cognitive demand. The main contradictions were associated with teachers' knowledge, student characteristics, access to technology, institutional rules, and more. Finally, recommendations are discussed in order to prepare teachers for effective technology integration.

KEYWORDS: TPACK; Activity Theory; Activity Design; Technology; Contradictions.

Recepción: abril 2023 • Aceptación: octubre 2024 • Publicación: marzo 2025

López Rodríguez, A. y Meneses Arévalo, A. (2025). Integración de la tecnología en diseños de una actividad de aprendizaje: estudio de casos. *Enseñanza de las Ciencias*, 43(1), 41-63.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5931>

INTRODUCCIÓN

Las reformas internacionales de enseñanza de las ciencias, como en Estados Unidos y Chile, promueven el uso de tecnología para facilitar el aprendizaje, andamiando la comprensión de procesos científicos (National Academies of Sciences, Engineering, 2019). En EE.UU., se propone que la tecnología permita a los estudiantes adquirir prácticas científicas y comprender conceptos científicos a lo largo de su vida escolar (National Research Council [NRC], 2012). En Chile, el currículo de ciencias para educación primaria y secundaria destaca la tecnología como fundamental para la alfabetización científica (Ministerio de Educación de Chile, 2012, 2015, 2019). Para lograrlo, se espera que los profesores de ciencias posean sólidos conocimientos del contenido, pedagógicos y tecnológicos específicos para la enseñanza (Mishra y Koehler, 2006).

El marco de conocimiento tecnológico pedagógico y contenido (TPACK, por sus siglas en inglés) es una de las propuestas más destacadas para describir el conocimiento profesional necesario para una integración efectiva de la tecnología educativa en el aula (Koehler et al., 2014). La mayoría de los estudios empíricos sobre este tipo de conocimiento se han basado en medidas de autoinforme (Schmid et al., 2021). Sin embargo, investigaciones recientes sugieren que el TPACK declarado por los profesores puede no reflejar adecuadamente las decisiones tomadas para integrar la tecnología en sus aulas ni los modos concretos en que la incorporan en actividades (Schmid et al., 2021). Por ello, se ha comenzado a investigar el TPACK a través del análisis de diseños de clases y observaciones en el aula (Schmid et al., 2021).

La Teoría de la Actividad (TA) enfatiza que las actividades están dirigidas a objetivos, pero que lograrlos depende del sistema más amplio en el que se llevan a cabo (Zwickl et al., 2023). Se reconoce que una actividad aislada puede no presentar problemas, pero pueden surgir contradicciones al integrarse con otros elementos del sistema de actividades. Laferrière et al. (2013) argumentan que superar las barreras mediante el principio de contradicción de TA conduce a una integración tecnológica adecuada. Por lo tanto, es crucial identificar las contradicciones que pueden emerger al integrar tecnología en las actividades de clase diseñadas por los profesores, considerando su contexto de enseñanza.

En la enseñanza de las ciencias, se necesitan estudios que analicen la integración de la tecnología en actividades de enseñanza para alcanzar objetivos de aprendizaje que promuevan tanto el conocimiento como las prácticas científicas (NRC, 2012). Además, a partir del diseño de actividades en el contexto de la pandemia y la enseñanza en línea, será importante determinar los conocimientos de TPACK que orquestan los profesores para comprender situadamente las decisiones que toman en la enseñanza de ciencias. El propósito de este estudio es examinar en profundidad los diseños de actividades mediadas por la tecnología creados por profesores de ciencias –Biología, Química y Física– de enseñanza media en Chile, analizando los recursos tecnológicos escogidos, los conocimientos que orquestan y las contradicciones que emergen de la integración tecnológica para el aprendizaje de las ciencias. Dado que la pandemia aceleró el uso de la tecnología, este estudio aportará información relevante para comprender cómo integrar la tecnología para el aprendizaje de las ciencias en la pospandemia.

Tres preguntas de investigación guían este estudio:

- P1: ¿Cómo integran profesores de secundaria de Física, Química y Biología la tecnología digital en el diseño de una actividad de ciencias?
- P2: ¿Qué conocimientos disciplinares, pedagógicos y tecnológicos orquestan y declaran los profesores de ciencias para integrar la tecnología digital en el diseño de una actividad de ciencias?
- P3: ¿Qué contradicciones dentro del diseño de actividad podrían afectar el aprendizaje de ciencias mediado por la tecnología?

MARCO TEÓRICO

Orquestar conocimientos para integrar la tecnología en actividades de aprendizaje de ciencias

En este estudio se examinan las decisiones de integración tecnológica que hacen los profesores en sus diseños de actividades de aprendizaje de ciencias. Se argumenta que, mediante el análisis de estas actividades, se puede acceder a la cognición de los docentes a partir de las decisiones pedagógicas tomadas (Harris et al., 2015; Willermark, 2018). El modelo más utilizado en la investigación en educación tecnológica es el modelo de conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido (TPACK, por sus siglas en inglés).

TPACK, propuesto por Mishra y Koehler (2006) basándose en modelo de conocimiento pedagógico del contenido (PCK, por sus siglas en inglés) de Shulman (1986), incorporando el conocimiento tecnológico (TK, por sus siglas en inglés) para enseñar eficazmente en la era digital. Por lo tanto, TPACK consta de tres conocimientos base: 1) *conocimiento tecnológico* (TK) sobre tecnologías en un contexto general; 2) *conocimiento pedagógico* (PK, por sus siglas en inglés) sobre métodos de enseñanza y aprendizaje; y 3) *conocimiento de contenido* (CK, por sus siglas en inglés) sobre conceptos y prácticas específicas de una disciplina. La interacción de estos tres conocimientos genera cuatro adicionales: 4) *conocimiento pedagógico de contenido* (PCK, por sus siglas en inglés) que se refiere al conocimiento de la pedagogía que es aplicable a la enseñanza del contenido específico; 5) *conocimiento tecnológico de contenido* (TCK, por sus siglas en inglés) que se refiere al conocimiento de cómo el contenido puede transformarse mediante la aplicación de la tecnología; 6) *conocimiento tecnológico pedagógico* (TPK, por sus siglas en inglés) que se refiere al conocimiento del uso de la tecnología para apoyar los enfoques de enseñanza y aprendizaje; y 7) *conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido* (TPACK) que se refiere al conocimiento necesario para enseñar contenido con tecnología.

TPACK es altamente contextualizado a temas específicos de clases y actividades pedagógicas (Cox y Graham, 2009). Por lo tanto, el conocimiento requerido por un profesor de ciencias es diferente al de un profesor de inglés, ciencias sociales u otra área disciplinar. La educación científica se destaca como un campo privilegiado para la integración de la tecnología, ofreciendo una amplia gama de entornos y aplicaciones educativas con diversas posibilidades para estudiantes y profesores. Por ejemplo, estudios previos han señalado que las tecnologías promueven el cambio conceptual (Ariza y Armenteros, 2014) y la investigación científica (Stinken-Rösner et al., 2023). Estas tecnologías incluyen sensores y dispositivos de medición como alternativas a los equipos de laboratorio tradicionales; simulaciones interactivas y experimentos remotos permiten a los estudiantes explorar configuraciones que no se pueden realizar en el aula; el software de análisis y presentación de datos minimiza las barreras al abordar las mediciones; y las aplicaciones de realidad virtual y aumentada permiten modelar y visualizar interrelaciones entre cantidades (Stinken-Rösner et al., 2023).

Sin embargo, la integración de tecnología en la enseñanza de las ciencias no significa simplemente agregar tecnología a los enfoques existentes; requiere que los profesores desarrollen e interconecten conocimiento sobre tecnología, ciencia y pedagogía (Jimoyiannis, 2010). McCrory (2008) destaca dos tipos de uso de la tecnología en el aula de ciencias: pedagógica y científica, y clasifica las tecnologías usadas en el aula de ciencias en tres categorías: 1) tecnología no relacionada con la ciencia pero útil en su servicio (p. ej., hojas de cálculo); 2) tecnología diseñada específicamente para la enseñanza y aprendizaje de ciencias (p. ej., animaciones); y 3) tecnología diseñada para hacer ciencias (p. ej., sensores). Este estudio analiza los diseños de actividades de clases usando tanto el modelo de TPACK como la clasificación de McCrory (2008) para comprender los propósitos de la integración tecnológica en Biología, Química y Física.

Teoría de la Actividad y las contradicciones en los diseños de actividades

Existen tres generaciones de la Teoría de la Actividad (TA). La primera generación fue propuesta por Vygotsky (1978), quien postulaba que los sujetos usaban herramientas, artefactos o lenguaje culturalmente específicos para controlar e influir en sus objetivos. La segunda generación de TA se desarrolló basándose en el trabajo de Leont'ev (1978), quien especificó que las actividades se componían de tres nodos o elementos: *sujetos*, *objetos* y *herramientas*, entendidos estos como puntos de conexión y mediación dentro de un sistema de actividad. El *sujeto* actúa con el fin de alcanzar ciertas metas, y sus acciones están dirigidas hacia el *objeto* (objetivo) de la actividad (Gregorcic et al., 2018). El *objeto* no es necesariamente una entidad física (Jonassen y Rohrer-Murphy, 1999). Por ejemplo, en un salón de clases, el objeto podría ser el desarrollo de habilidades para comprender un curso en particular (Zwickl et al., 2023). El *sujeto* hace uso de *herramientas* para actuar sobre el *objeto*, las cuales pueden ser materiales o conceptuales (Årlebäck, 2020). Engeström (1987) extiende este modelo añadiendo un elemento más denominado *comunidad* y dos elementos mediadores: *reglas* y *división del trabajo*. Finalmente, la tercera generación propuesta por Yrjö Engeström (1999) considera diálogos, perspectivas múltiples y redes de sistemas de actividad interactuantes que están unidos por un objeto compartido.

Cuando se introduce una nueva tecnología para alcanzar nuevos objetivos, los primeros usuarios de la tecnología a menudo desafían el curso de la actividad normal de su comunidad; por lo tanto, surgen *oportunidades* y *contradicciones* (Laferrière et al., 2013). Las oportunidades son edificantes, mientras que las contradicciones ralentizan el proceso de implementación (Engeström, 1987). En consecuencia, es de suma importancia identificar las contradicciones que surgen como barreras para la integración de la tecnología en las actividades de aprendizaje realizadas por los profesores. Existen cuatro tipos de contradicciones estipuladas por Engeström (1987): las *contradicciones primarias* son aquellas dentro de los nodos de la actividad; las *contradicciones secundarias* son aquellas entre los nodos constituyentes de la actividad; las *contradicciones terciarias* surgen entre la forma actual y emergente de una actividad; finalmente, las *contradicciones cuaternarias* surgen entre las actividades centrales y limítrofes (Gregorcic et al., 2018).

Los teóricos de la actividad sostienen que, al examinar cualquier comportamiento humano, también debemos considerar el contexto social, cultural e histórico en el que se sitúan las acciones (Land y Rubin, 2020). En este sentido, este estudio consideró la segunda generación de TA como marco conceptual para analizar los diseños de actividades mediados por la tecnología y las entrevistas semiestructuradas posdiseño de los participantes. La segunda generación considera un solo sistema de seis componentes: *sujeto*, *herramientas*, *objeto*, *reglas*, *comunidad* y *división del trabajo*. En este estudio, el *sujeto* es el profesor que diseña una clase mediada por la tecnología para promover aprendizajes en ciencias. Los aprendizajes por alcanzar son declarados por cada profesor en la meta de aprendizaje (*objeto*). Las *herramientas* son las tecnologías digitales seleccionadas por los profesores. La *comunidad* es el grupo de estudiantes a los que está dirigida la actividad de ciencias. Las *reglas* son las establecidas para el funcionamiento del aula o la escuela. La *división de trabajo* se refiere a los roles y relaciones dentro de la *comunidad* para llevar a cabo la actividad. Finalmente, en este estudio nos interesa estudiar las contradicciones secundarias, es decir, las que se dan entre los componentes del sistema de actividad (por ejemplo, contradicciones entre el *sujeto* y la *herramienta*). Este análisis nos permitirá identificar desalineaciones que puede darse entre los elementos del diseño de la actividad y el contexto, las cuales podrían afectar la integración efectiva de la tecnología. La figura 1 muestra los componentes del sistema de actividad considerados en este estudio.

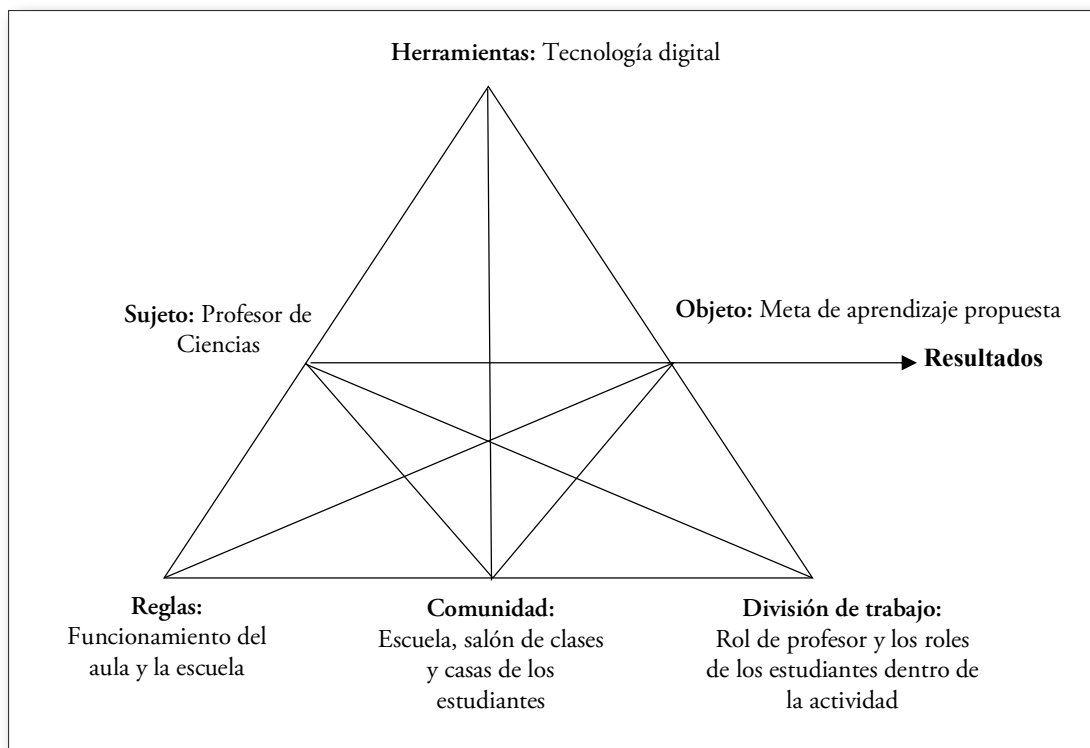


Fig. 1. Componentes del sistema de actividad considerados en este estudio. Modelo adaptado de Engeström (2014).

MÉTODOS

Diseño y participantes

Para esta investigación cualitativa se utilizó un diseño de estudio de casos múltiples (Yin, 2018). Según Cresswell (2007), en un estudio de casos múltiples se selecciona un tema o fenómeno y luego se eligen diferentes casos para investigar este tema. En este estudio, el tema fue la integración de tecnología en actividades de aprendizaje diseñadas por profesores de ciencias en servicio, investigado mediante tres casos: un profesor de Química, uno de Biología y uno de Física (seudónimos: Paula, Camilo y Felipe, respectivamente).

La selección de los casos se basó en tres razones: (1) las diferencias en las áreas disciplinares para identificar variaciones en la integración tecnológica según la disciplina; (2) la experiencia práctica, ya que la evidencia sugiere que esta se relaciona con los conocimientos disciplinares, pedagógicos y tecnológicos de los profesores (Roussinos y Jimoyiannis, 2019); y (3) la experiencia con la tecnología para comprender cómo esta afecta los diseños de actividades que integran recursos digitales. La tabla 1 ofrece una descripción de los casos de estudio.

Tabla 1
Descripción de los casos de estudio

<i>Casos</i>	<i>Disciplina</i>	<i>Experiencia docente</i>	<i>Formación en tecnología educativa</i>	<i>Actualización en tecnología educativa</i>
Profesora Paula	Química	4 años	Cursos generales sobre tecnología	Autodidacta (por ejemplo, Instagram y búsqueda en Internet)
Profesor Camilo	Biología	3 años	Cursos generales sobre tecnología y curso sobre uso de la tecnología en educación	Seminarios, Autodidacta (por ejemplo, búsqueda en Internet)
Profesor Felipe	Física	31 años	Ninguna	Cursos informales sobre Arduino, diplomado, autodidacta (por ejemplo, búsqueda en Internet) Ayuda de familiares expertos

Recolección de datos

Para este estudio se utilizaron dos estrategias de recolección de datos: diseño de una actividad de aprendizaje con tecnologías y una entrevista semiestructurada enfocada en la reflexión posdiseño de los participantes. Antes de la recolección de datos, los participantes fueron contactados por correo electrónico y firmaron un consentimiento aprobado por el comité de ética de la universidad.

Diseño de una actividad de aprendizaje de ciencias mediada por la tecnología

Se solicitó a cada participante diseñar una actividad de aprendizaje de ciencias mediada por tecnología usando un formato establecido por los investigadores. La duración de la actividad fue a criterio de los participantes. Los criterios fueron: se asignó por áreas –Biología, Química y Física– un contenido transversal basado en el marco para la educación científica K-12 (NRC, 2012) y un objetivo de aprendizaje del currículo de Ciencias Naturales de Chile asociado a dicho contenido. Se delimitó el curso (primero medio, estudiantes de 15-16 años), concepto transversal (energía y materia) y un objetivo de aprendizaje para cada área. Esto redujo la variabilidad de los diseños, permitiendo comparaciones entre grupos y determinando las diferencias.

El formato de diseño tenía tres partes para identificar los siguientes aspectos:

- Sección 1: Identificar tipos de tecnologías que integran los profesores de ciencias.
- Sección 2: Determinar los tipos de actividades de ciencias mediadas por tecnología que diseñan los profesores.
- Sección 3: Evidenciar conocimientos pedagógicos, tecnológicos, de contenido y TPACK en la elección de tecnología.

El formato se presentó en un formulario de Google compartido por correo electrónico. Se informó a los participantes que el tiempo estimado para realizar el diseño era de 30 minutos, con un límite de una semana para completar y enviar el formulario al investigador encargado.

Entrevista semiestructurada

Las entrevistas se realizaron entre 3 a 10 días después de entregado el diseño de la actividad de aprendizaje de ciencias mediada por la tecnología. La entrevista tenía como objetivo aclarar y profundizar aspectos del sistema de actividad de los profesores. Así como identificar las contradicciones dentro y entre los sistemas de actividades que afectan la integración efectiva de las tecnologías.

- Tema 1: Decisiones sobre el diseño de la actividad de ciencias mediada por tecnología.
- Tema 2: Condiciones institucionales para la enseñanza de las ciencias mediada por tecnología.
- Tema 3: Formación docente para la enseñanza de las ciencias mediada por tecnología.

Las entrevistas se realizaron virtualmente, con una duración promedio de 45 minutos, siguiendo todos los resguardos éticos pertinentes.

Análisis de los datos

Para responder a las preguntas de investigación, se realizó un análisis deductivo e inductivo (Azungah, 2018) en las siguientes fases:

- Fase 1: Se analizaron las metas de aprendizaje según los procesos cognitivos de Anderson y Krathwohl (2001): *recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear*.
- Fase 2: Se identificaron las tecnologías digitales integradas en los diseños y se codificaron según las tres categorías de McCrory (2008) descritas en la subsección 2.1 del Marco teórico. Se añadió una cuarta categoría, tecnologías generales (p. ej., PowerPoint), no consideradas por McCrory, emergente debido a su presencia en los diseños analizados. Esta categoría incluye tecnologías usadas para propósitos pedagógicos generales, como el uso de *PowerPoint* para la presentación de contenidos.
- Fase 3: Se utilizó un enfoque de codificación inductivo y deductivo para identificar los conocimientos disciplinares, pedagógicos y tecnológicos empleados por los profesores en los diseños y entrevistas (Miles y Huberman, 1994). La codificación inductiva generó esquemas a partir de datos, mientras que la codificación deductiva usó esquemas derivados del marco TPACK (Graham et al., 2009, 2012). La tabla 2 especifica los tipos de conocimientos y ejemplos.

Tabla 2.

Códigos de conocimientos identificados en el diseño de actividad y en la entrevista posdiseño

<i>Conocimientos TPACK</i>	<i>Código asociado a los conocimientos TPACK</i>	<i>Ejemplo</i>
CK	Conocimiento del contenido que se debe aprender y enseñar.	Reconocer la fotosíntesis como un proceso de construcción de materia orgánica a partir del aprovechamiento de la energía solar y su combinación con el dióxido de carbono del aire con el agua [diseño]
PK	Conocimiento sobre las características de los estudiantes.	... lo bueno de la tecnología que le da al estudiante sentirse en un espacio que es cercano a él; porque hay que decirlo, la tecnología es cercana a los chicos y las chicas de hoy en día, se sienten cómodos. [entrevista]
TCK	Conocimiento sobre tecnologías que demuestren un principio o contenido científico.	Usando el simulador, subir la frecuencia (manteniendo la amplitud fija), al nivel siguiente y hacer la toma de tiempo nuevamente para 10 gotas y así sucesivamente hasta el valor máximo de frecuencia. [diseño]
TPK	Conocimiento de tecnologías para seguir y evaluar el progreso de los estudiantes.	Ellos (los estudiantes) después en base a sus datos pueden hacer una planilla Excel, pero de Google, y me comparten el archivo de Google Drive. [entrevista]
	Conocimiento de tecnologías para mejorar la productividad docente.	recurrí a la guía, la pude descargar, recurrí a la guía que tenía, la repasé, la miré y efectivamente creo que es un buen recurso y una buena herramienta para aplicar en el aula. [entrevista]

<i>Conocimientos TPACK</i>	<i>Código asociado a los conocimientos TPACK</i>	<i>Ejemplo</i>
PCK	<p>Conocimiento de modelos para representar contenido abstracto.</p> <p>Conocimiento de las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la temática.</p>	<p>Tenemos las herramientas del péndulo (maqueta física) que es muy fácil de construirse... se puede hablar de cuántas oscilaciones hace en un segundo y se puede llegar muy fácilmente con la experiencia del péndulo al concepto que se está pidiendo (frecuencia). [Entrevista]</p> <p>... lo que te habla al principio, como romper las preconcepciones, creo que los estudiantes generalmente van a decir que se pierde masa porque sale el gas, que la masa no es constante, etc., y creo que es súper bueno porque el recurso los pone al tiro en choque con sus hipótesis [entrevista]</p>
TPACK	<p>Conocimiento de tecnologías específicas para las ciencias y las formas en las que pueden usarse para apoyar el desarrollo de las prácticas científicas y/o estrategias de instrucción.</p> <p>Conocimiento de tecnologías para mejorar la representación de fenómenos o conceptos científicos.</p> <p>Conocimiento sobre tecnologías para descubrir ideas alternativas de los estudiantes relacionadas a un tema de ciencias.</p>	<p>En parejas ingresan al simulador, predicen que va a pasar antes de usarlo y luego de utilizar el simulador deben poner a prueba su hipótesis [diseño]</p> <p>... (los estudiantes) se recuerdan todavía de eso (ley de conservación de la masa), más que de lo que escribieron en un cuaderno, se recuerdan el aspecto visual que te da la virtualidad [entrevista]</p> <p>Hay una página que me encanta y es de ideas previas de la UNAM. Entonces, uno ingresa y pone, no sé, Biología, por ejemplo y pone fotosíntesis, y te aparecen todas las ideas previas que hay. Entonces, leo que es lo que está allí, y con eso digo: 'bueno, entonces si yo hago esto los estudiantes podrían responder esto', y entonces yo que podría responder ante eso que están diciendo los estudiantes. [entrevista]</p>

- Fase 4: Para identificar las contradicciones en el diseño de la actividad de ciencias y en las entrevistas posdiseño, se adoptó el marco de la Teoría de la Actividad. Primero, se codificaron los datos en los seis elementos definidos por la teoría. Por ejemplo, cuando un docente mencionaba el uso de tecnologías por los estudiantes, se generaba el indicador «rol del estudiante en la actividad», que se clasificaba en la categoría «división del trabajo» (figura 1). Segundo, se examinó cómo interactuaban los diferentes elementos de la actividad, buscando discrepancias, conflictos o tensiones entre ellos. Por ejemplo, cómo las actividades de aprendizaje pueden no alinearse con los objetivos, o cómo las herramientas pueden no ser adecuadas para lograrlos. Estas tensiones se identificaron como contradicciones. Finalmente, se analizó el origen de cada contradicción, como conocimiento limitado de tecnologías específicas de contenido (TCK) o sobre la construcción de metas de aprendizaje (TPK). Las contradicciones se detallan en la siguiente sección. Los diseños de actividades y las entrevistas se codificaron usando Atlas-ti versión 8.

RESULTADOS

En esta sección se presentan los tres casos organizados en torno a las tres preguntas que guiaron la investigación sobre (1) la integración de la tecnología en el diseño de una actividad de ciencias, (2) los conocimientos específicos que orquestan: para integrar la tecnología digital en el diseño de una

actividad y (3) las contradicciones dentro del diseño de actividad que podrían afectar el aprendizaje de ciencias mediado por la tecnología.

Caso 1: Paula, profesora de Química

Integración de un simulador para el aprendizaje de las Ciencias

Paula, profesora de Química con 4 años de experiencia en nivel secundario, recibió formación ocasional en tecnología educativa durante la universidad, pero no en el uso específico de tecnologías para la enseñanza de las ciencias. Sin embargo, mostró interés en aprender de forma autodidacta, especialmente a través de redes sociales como Instagram. La figura 2 muestra una representación del diseño de actividad realizado por Paula.

Como se aprecia en la figura 2, la meta de aprendizaje era «*Evidenciar la ley de la conservación de la masa en un sistema cerrado*». Según la taxonomía de Anderson y Krathwohl (2001), esta meta se clasificó como de complejidad media, ya que el proceso de evidenciar se relaciona con el ámbito de *aplicar*. La profesora seleccionó una **simulación interactiva** sobre la ley de conservación de la masa. La **simulación** presenta dos experimentos con parámetros fijos. Según McCrory (2008), este recurso se clasifica como tecnología diseñada para *la enseñanza-aprendizaje de las ciencias*, pues aborda las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la pérdida de masa en forma de vapor.

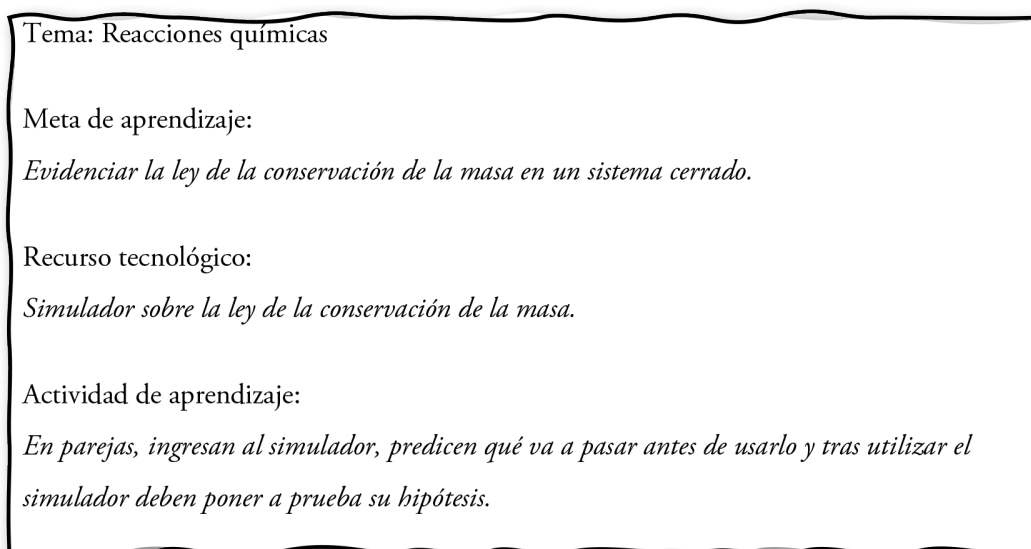


Fig. 2. Diseño de actividad realizado por la profesora de Química.

Conocimientos disciplinares, pedagógicos y tecnológicos orquestados por la profesora de Química para integrar el simulador para el aprendizaje de la ley de conservación de la masa

El análisis del diseño y la entrevista proporcionó información sobre los conocimientos usados por la profesora Paula al integrar tecnología en su actividad.

CK

El conocimiento de contenido se manifestó en la meta de aprendizaje.

PK

El conocimiento pedagógico se reflejó en su comprensión de las características de los estudiantes al seleccionar la tecnología:

La tecnología es cercana a los chicos y chicas de hoy, se sienten cómodos.

PCK

El conocimiento pedagógico de contenido se evidenció en su comprensión de las concepciones alternativas de los estudiantes:

Los estudiantes generalmente creen que se pierde masa porque sale el gas, que la masa no es constante, y el recurso los enfrenta a sus hipótesis.

TCK

El conocimiento tecnológico de contenido se mostró en su elección de un simulador para observar la ley de la conservación de la masa.

TPACK

Los datos revelan que la profesora Paula usó su conocimiento pedagógico, tecnológico y de contenido de dos maneras: Primero, al elegir e integrar tecnología para apoyar metodologías de enseñanza (aprendizaje activo) y el desarrollo de prácticas científicas como formular y comprobar hipótesis. Segundo, en su conocimiento de cómo la tecnología mejora la representación de conceptos, facilitando que los estudiantes construyan modelos mentales:

El aprendizaje (ley de conservación de la masa) que queda en ellos (estudiantes) es impresionante. Recuerdan más el aspecto visual que ofrece la virtualidad que lo escrito en un cuaderno.

Contradicción entre el sujeto y objeto, entre la comunidad y la división de trabajo y entre las reglas y la comunidad

En la figura 3 se presenta el sistema de actividad de la profesora Paula, donde se identificaron varias contradicciones. En el diseño de la actividad, se observó una contradicción secundaria entre el *sujeto* (profesora Paula) y el *objeto* (meta de aprendizaje: «Evidenciar la ley de la conservación de la masa en un sistema cerrado»). Aunque la meta es concisa, carece de claridad al no proporcionar suficiente información para que los estudiantes entiendan claramente lo que se espera de ellos y las actividades que deben realizar. Esto indica la necesidad de un conocimiento especializado sobre la construcción de metas de aprendizaje específicas (PCK). Formular metas claras es esencial para que los estudiantes comprendan los objetivos y para seleccionar las actividades y recursos adecuados.

Adicionalmente, el análisis de las declaraciones de la profesora Paula durante la entrevista reveló una contradicción entre la comunidad y la división del trabajo:

Tuve que hacer un cambio en mis clases, pero que a la vez no fuera perjudicial; porque a veces es peor, porque no les carga (Internet), porque se sienten más excluidos. ¿No tengo teléfono?, ¿cómo lo hago? Eso es lo malo de la tecnología.

Esta contradicción surge debido a la falta de recursos tecnológicos y acceso limitado a Internet de algunos estudiantes durante la pandemia, lo cual afecta el desarrollo de las actividades y el logro de la meta de aprendizaje propuesta.

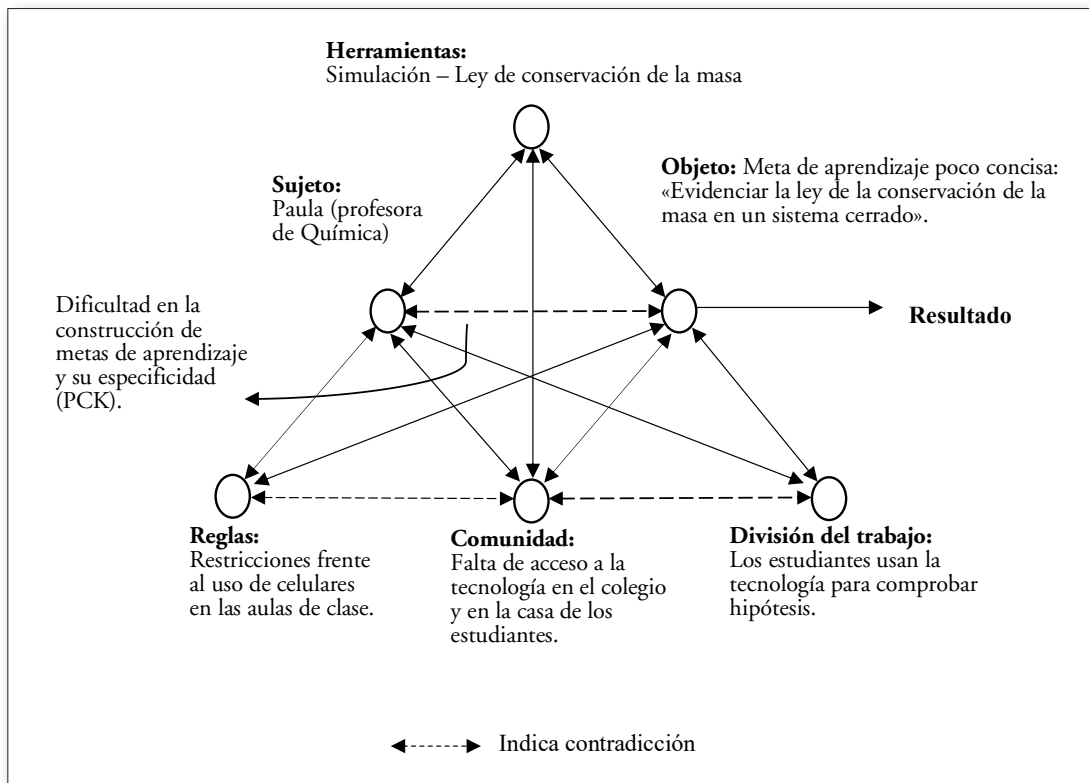


Fig. 3. Sistema de actividad profesora Paula de Química: Contracción secundaria entre el sujeto y objeto, la comunidad y la división de trabajo, y las reglas y la comunidad.

Otra contradicción se evidenció entre las *reglas* y la *comunidad*, ya que la profesora mencionó: «*Tenemos tabletas en el colegio, pero son de baja calidad, y no se permite el uso de teléfonos en clase*». Esta limitación de recursos tecnológicos en la institución, junto con las reglas que prohíben el uso de teléfonos celulares por parte de los estudiantes en el aula, dificulta la implementación de actividades mediadas por la tecnología.

Caso 2: Camilo, profesor de Biología

Integración de un video para la enseñanza de las ciencias

Camilo, profesor de Biología con 3 años de experiencia en secundaria, tomó un curso sobre «tecnología en la enseñanza de las ciencias» durante su pregrado, donde aprendió conceptos básicos que ahora están desactualizados. Para mantenerse actualizado, participa en seminarios, valorando estos espacios para conocer experiencias de expertos y descubrir nuevas herramientas aplicables a su enseñanza. La figura 4 muestra una representación del diseño de actividad realizado por el profesor.

Tema: Materia y energía en ecosistemas

Meta de aprendizaje:
Reconocer la fotosíntesis como un proceso de construcción de materia orgánica a partir del aprovechamiento de la energía solar y su combinación con el dióxido de carbono del aire con el agua.

Recurso tecnológico:
Serie de animaciones desarrolladas por HHMI BioInteractive.

Otros recursos:

- Manzanas, plátanos, lechuga, espinaca.
- Recorrido por los jardines o áreas verdes del colegio, cuaderno u hojas de apuntes, lápiz y hoja de trabajo para el estudiante (se utilizará mientras ven el vídeo y la desarrollan en el momento).

Actividad de aprendizaje:
Esta actividad se divide en tres momentos:

1. Los estudiantes revisan el vídeo HHMI BioInteractive Fotosíntesis y realizan las actividades 1 y 2 de la hoja de trabajo.
2. Los estudiantes se reúnen en equipos de trabajo de 3 personas. Inicialmente, comparten ideas sobre el vídeo; luego, observan las frutas y hojas. Después, realizan el recorrido por las áreas verdes del colegio y, por último, escriben preguntas: la cantidad que deseen.
3. Los estudiantes regresan al salón de clase, escuchan una breve reflexión del profesor y discuten con sus compañeros sus preguntas; a su vez realizan una clasificación inicial sobre qué preguntas pueden ser susceptibles de investigar.

Fig. 4. Diseño de actividad realizado por el profesor de Biología.

La meta de aprendizaje propuesta por el profesor Camilo es: «Reconocer la fotosíntesis como un proceso de construcción de materia orgánica mediante el aprovechamiento de la energía solar y su combinación con el dióxido de carbono del aire y el agua». Según la taxonomía de Anderson y Krathwohl (2001), reconocer se considera de baja complejidad.

Para alcanzar esta meta, el profesor Camilo propone el uso de un video y una hoja de trabajo disponibles en el sitio web de BioInteractive. El video consiste en una serie de animaciones que explican el proceso de la fotosíntesis a nivel microscópico. Según la propuesta de McCrory (2008), este recurso tecnológico se clasifica como una tecnología diseñada para *la enseñanza-aprendizaje de las ciencias*, ya que ofrece representaciones visuales de fenómenos complejos que no son directamente observables.

Conocimientos disciplinares, pedagógicos y tecnológicos orquestados por el profesor de Biología para integrar el video para el aprendizaje de la fotosíntesis

El análisis del diseño y la entrevista proporcionó información sobre los conocimientos empleados por el profesor Camilo al integrar tecnología en su actividad.

CK

Su conocimiento de contenido se reflejó en la meta de aprendizaje.

PK

El conocimiento pedagógico se manifestó en la consideración de los estilos de aprendizaje de los estudiantes al seleccionar la tecnología:

En este contexto de pandemia, muchos estudiantes disfrutaban de observar videos o utilizar sus dispositivos móviles.

PCK

Su comprensión pedagógica de contenido se evidenció en su conocimiento de las concepciones alternativas de los estudiantes:

Es valioso cuando los estudiantes comienzan a cuestionar la idea previa de que respirar es absorber lo que está en el aire.

TPK

Su conocimiento pedagógico tecnológico se mostró en la utilización de tecnologías para mejorar su productividad docente:

Recurrí a una guía que encontré, la revisé y considero que es una herramienta valiosa para aplicar en el aula.

TCK

El conocimiento tecnológico de contenido se reflejó en su elección de un video con animaciones para ilustrar el proceso de fotosíntesis a nivel microscópico.

TPACK

Su conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido se evidenció en la utilización de tecnologías para identificar ideas previas de los estudiantes:

Utilizo una página de ideas previas de la UNAM para comprender las concepciones de los estudiantes y planificar respuestas adecuadas a sus planteamientos.

Contradicciones sujeto y herramientas

El recurso tecnológico elegido por el profesor Camilo son animaciones que representan los procesos microscópicos de la fotosíntesis, divididas en secciones con gran cantidad de información en períodos cortos. Esto genera una contradicción entre el *sujeto* y las *herramientas*, ya que no se tuvieron en cuenta las limitaciones de la tecnología, como el exceso de información en poco tiempo (ver figura 5). Una solución propuesta fue que los estudiantes pausaran el video para responder preguntas, pero esto limitaría el uso de la tecnología a reproducir y pausar el video para extraer información puntual y responder a las preguntas de la hoja de trabajo.

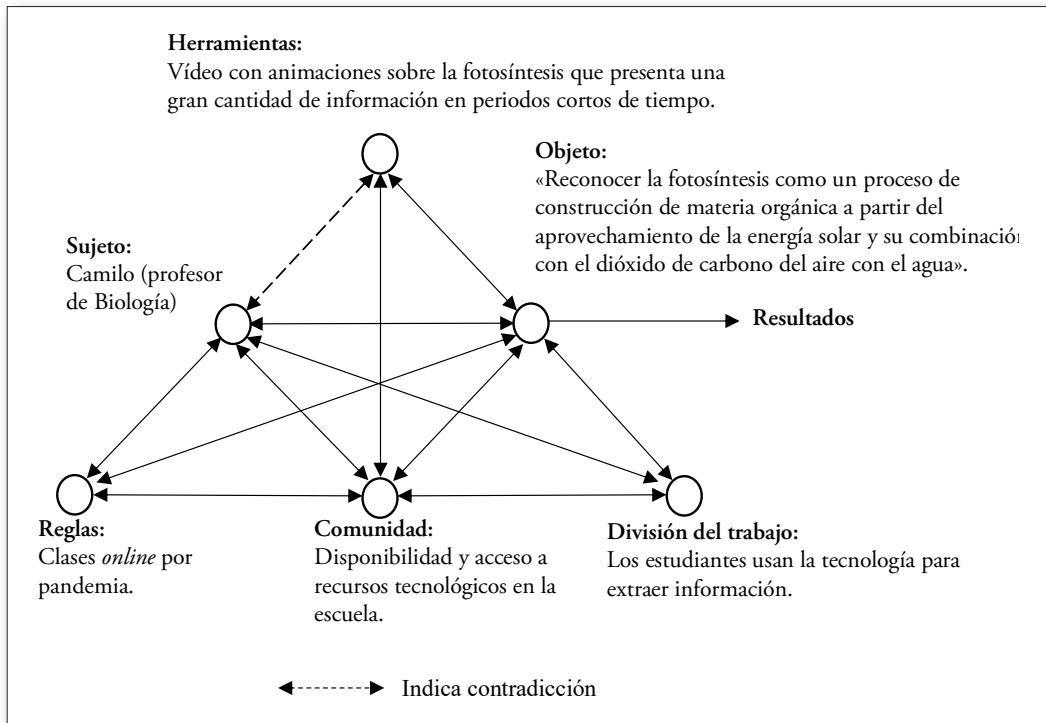


Fig. 5. Sistema de actividad caso 2: contradicción entre el sujeto y las herramientas.

Caso 3: Felipe, profesor de Física

Integración de la hoja de cálculo al servicio de las ciencias y un simulador interactivo para aprender sobre las ondas

Felipe, profesor de Física con 31 años de experiencia en secundaria, tuvo una formación tecnológica insuficiente durante su pregrado, centrado en Física y Matemáticas sin pedagogía. Su último año en educación fue deficiente. Ha aprendido en el terreno y realizó un diplomado de seis meses en enseñanza de las ciencias en universidades local y extranjera. Desde entonces, su desarrollo tecnológico ha sido autodidacta, apoyado por su hijo ingeniero y contactos en robótica. Asiste a talleres de Arduino y se auto instruye para mejorar sus habilidades tecnológicas en la enseñanza de las ciencias. La figura 6 muestra una representación del diseño de actividad realizado por el profesor

Tema: Ondas y sonido

Meta de aprendizaje:

Reconocer la frecuencia como el número de ciclos por unidad de tiempo.

Recurso tecnológico:

Simulador interactivo PhET: Ondas.

Actividad de aprendizaje:

Tomar datos cambiando la variable frecuencia. Luego, sobre la base de los datos obtenidos, poder concluir a qué hace referencia dicha variable.

Usando el simulador:

1. Ubicar la frecuencia (y amplitud) en el valor mínimo.
2. Utilizando el cronómetro de la simulación (o de sus celulares), contar cuánto tiempo cuesta que caigan un total de 10 gotas.
3. Luego, subir la frecuencia (manteniendo la amplitud fija) al nivel siguiente y hacer la toma de tiempo nuevamente para 10 gotas, y así sucesivamente hasta el valor máximo de frecuencia.
4. Hacer una tabla de valores, en una hoja Excel y determinar la media aritmética de esos datos (recurso aprendido por los estudiantes, en tecnología).
5. Posteriormente, responder a las siguientes preguntas:
 - a) ¿Qué sucede con el tiempo a medida que se aumenta la «frecuencia»?
 - b) Determina el número de gotas que caen en 120 segundos, en cada uno de los casos estudiados.
 - c) Divide el número de gotas calculados por 10. ¿Qué significado tiene ese resultado, en cada uno de los casos?
 - d) Construye una posible definición para el concepto de «frecuencia».

Fig. 6. Diseño de actividad realizado por el profesor de Física.

La meta de aprendizaje establecida por el profesor fue: «Reconocer la frecuencia como el número de ciclos por unidad de tiempo». Tras un análisis, se determinó que esta meta estaba dirigida a que los estudiantes alcanzaran el nivel *comprender*, según Anderson y Krathwohl (2001) este se considera como un nivel de baja demanda cognitiva. El profesor Felipe propone la integración de dos recursos tecnológicos: una **hoja de cálculo** y una **simulación interactiva**. La **hoja de cálculo** se clasificó como *tecnología al servicio de la ciencia* (McCrorry, 2008), mientras que la **simulación** se consideró como *tecnología para hacer ciencia* (McCrorry, 2008), ya que permite variar parámetros y proporciona instrumentos de medición incorporados, como un cronómetro y una cinta métrica.

Conocimientos disciplinares, pedagógicos y tecnológicos orquestados por el profesor de Física para integrar la simulación y la hoja de cálculo para el aprendizaje de las ondas.

El análisis del diseño y la entrevista proporcionaron información sobre los conocimientos utilizados por el profesor Felipe al integrar tecnología en su actividad.

CK

Su conocimiento de contenido se evidencia en la formulación de la meta de aprendizaje.

PK

El profesor Felipe empleó su conocimiento pedagógico al resaltar la importancia de considerar las características e intereses de los estudiantes al seleccionar la tecnología:

Las simulaciones son más amigables para los estudiantes, les permite interactuar y sentirse motivados.

TPK

Su conocimiento tecnológico pedagógico se mostró en el uso de tecnologías que permiten hacer seguimiento del proceso de aprendizaje de los estudiantes:

Los estudiantes pueden utilizar una planilla de Google para compartir y analizar los datos.

TCK

Su conocimiento tecnológico de contenido se reflejó en la elección de un simulador para comprender el concepto de frecuencia.

TPACK

El conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido se demostró en la elección y uso de una simulación interactiva para que los estudiantes recolectaran datos y luego utilizaran hojas de cálculo para el análisis e interpretación de estos.

Contradicciones entre el sujeto y las herramientas, la división de trabajo y el objeto, el sujeto y el objeto, y la comunidad y las herramientas

En la figura 7 se muestra el sistema de actividad del profesor Felipe, del cual se derivaron cuatro contradicciones secundarias que podrían afectar la integración efectiva de la tecnología. La primera contradicción se dio entre el *sujeto* y las *herramientas*. El profesor no logra destacar el valor del uso de las hojas de cálculo para comprender el concepto de frecuencia, ya que propone usarla para calcular la media aritmética, pero este cálculo no se relaciona con la actividad. La segunda contradicción surge entre la *división del trabajo* y el *objeto*. En el diseño (figura 6), se indica que *los estudiantes deben determinar el número de gotas que caen en 120 segundos en cada caso estudiado y luego dividir este número por 10*. Sin embargo, lo correcto sería que los estudiantes dividieran 120 segundos entre el número de gotas calculado para cada caso, lo que impediría una respuesta precisa y la deducción correcta del valor de la frecuencia en cada caso.

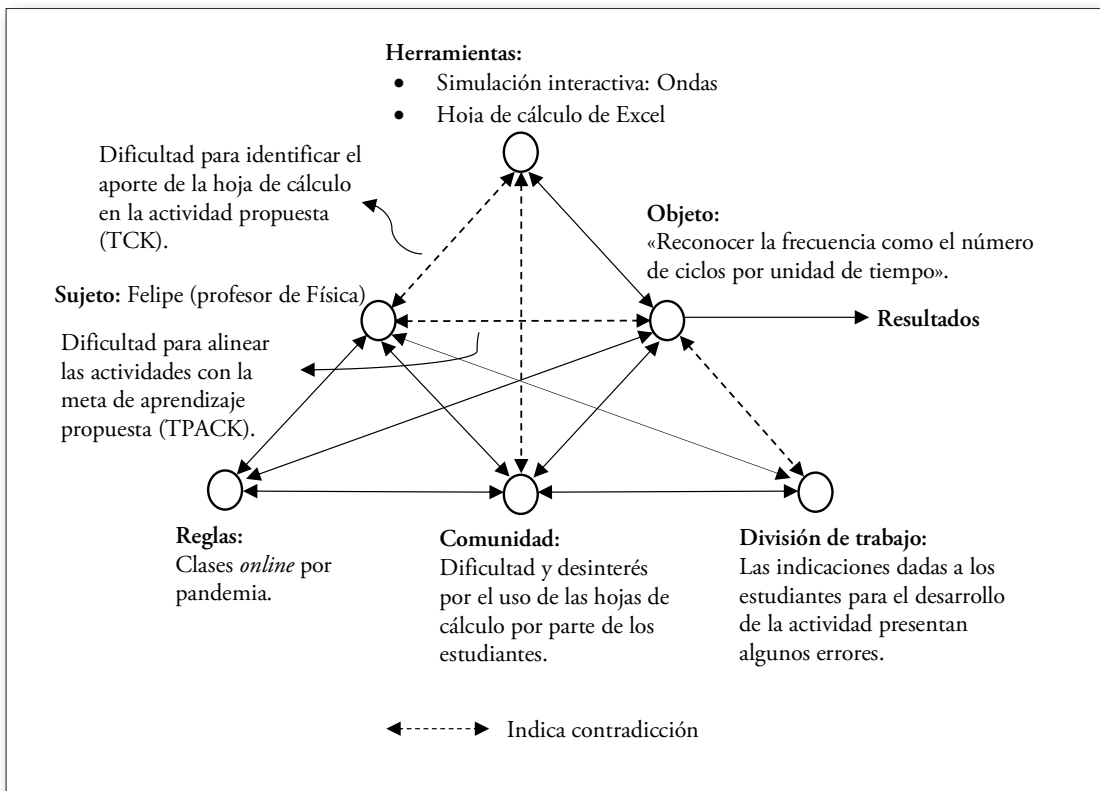


Fig. 7. Sistema de actividad caso 3: contradicción entre el sujeto y las herramientas, la división de trabajo y el objeto, el sujeto y el objeto, y la comunidad y las herramientas.

Una tercera contradicción surgió entre el *sujeto* y el *objeto*. Al analizar el diseño, se observó que al profesor Felipe le costaba alinear la meta de aprendizaje con las actividades propuestas. Mientras la meta estaba en un nivel bajo, según Anderson y Krathwohl (2001), las actividades permitían a los estudiantes realizar tareas cognitivas más complejas con ayuda tecnológica. El profesor reconoció esta dificultad durante la entrevista: «*lo más difícil para mí, si es el objetivo (meta de aprendizaje), lo reconozco. Si usted me pregunta no tengo inconveniente en decirlo, generar los objetivos*». La última contradicción se presentó entre la *comunidad* y las *herramientas*. Durante la entrevista, el profesor Felipe mencionó que los estudiantes mostraban poco interés y dificultad para usar hojas de cálculo, considerándolas poco atractivas y poco amigables. Este desinterés y dificultad podrían afectar su participación en la actividad.

DISCUSIÓN

Este estudio investigó cómo tres profesores de ciencias en servicio integraron la tecnología en sus diseños de actividades de aprendizaje, los conocimientos orquestados y las contradicciones emergentes de la integración de la tecnología. Los resultados mostraron que los profesores seleccionaron tecnologías propias del área de las ciencias, aunque con variaciones en su integración. La profesora Paula y el profesor Felipe adoptaron un enfoque de aprendizaje mediado por tecnología, mientras que el profesor Camilo se centró en la enseñanza mediada por tecnología. El profesor Felipe de Física usó simulaciones y hojas de cálculo que permitían la interacción de los estudiantes con los datos, mientras que la profesora Paula limitó la interacción a parámetros fijos. Aunque se ha encontrado que los conocimientos tecnológicos y el uso de la tecnología se relacionan negativamente con la experiencia docente

(Roussinos y Jimoyiannis, 2019), otros estudios indican que profesores con experiencia tecnológica tienen valores más altos de PK, TPK y frecuencia de uso de tecnología que los docentes en formación (Wekerle y Kollar, 2022). En este sentido, el desarrollo profesional relacionado con tecnología para enseñar ciencias, como el uso de Arduino para toma de datos en tiempo real, informado por el profesor Felipe, confirma que no basta con el dominio disciplinar para integrar efectivamente la tecnología; se necesita una formación profunda en tecnologías específicas para un área de contenido (TCK), crucial para desarrollar el TPACK (Belfiori, 2014).

Las metas de aprendizaje revelaron una dificultad generalizada en proponer objetivos de alta demanda cognitiva. Estas metas, independientemente del tiempo de experiencia docente, se clasificaron en nivel bajo y medio (Anderson y Krathwohl, 2001), contrastando con estudios que indican que la experiencia docente aumenta el conocimiento pedagógico del contenido (PCK) (Roussinos y Jimoyiannis, 2019). Esto puede deberse a procesos de rendición de cuentas que favorecen el recuerdo de información fragmentada (Pringle et al., 2015) o a la falta de conocimiento o experiencia para usar la tecnología en niveles cognitivos más altos.

La Teoría de la Actividad (TA) fue una herramienta poderosa para identificar y comprender las contradicciones en un sistema de actividad. TA permitió analizar factores subyacentes en el diseño de actividades mediadas por la tecnología y su impacto en el éxito de la actividad. Los conocimientos de los profesores (*sujeto*) fueron un factor clave en la redacción de metas de aprendizaje (*objeto*), la elección de recursos tecnológicos (*herramientas*) y el uso propuesto de la tecnología (*división de trabajo*). Este hallazgo coincide con estudios que reportan que el nivel TPACK es el indicador más importante para la integración de la tecnología en la enseñanza (Saritepeci, 2022).

Además, se identificaron contradicciones externas a los profesores que podrían causar el fallo de sus sistemas de actividad, como la falta de acceso a recursos tecnológicos y reglas institucionales que prohíben el uso de celulares en las aulas. Este resultado respalda hallazgos que destacan la influencia de aspectos institucionales y características de los estudiantes en la integración tecnológica (Xue et al., 2021). Es crucial que las escuelas reconozcan que la integración de la tecnología está influenciada por el contexto social y cultural (Petko et al., 2018), y así avanzar en la formulación de políticas educativas, mejorar las condiciones físicas y proporcionar recursos humanos.

CONCLUSIONES Y PROYECCIONES

Este estudio examinó en profundidad los diseños de actividades mediadas por la tecnología elaborados por tres profesores de ciencias. Los resultados mostraron que, aunque los profesores integraron tecnologías específicas de contenido, las metas de aprendizaje se centraban en actividades de baja y media demanda cognitiva. Por lo tanto, la integración tecnológica por sí sola no garantiza necesariamente el desarrollo de habilidades de alto nivel cognitivo en los estudiantes. Para lograr este objetivo, los profesores necesitan conocimientos y experiencia en el uso de la tecnología para apoyar actividades con mayores demandas cognitivas. La Teoría de la Actividad resultó ser un marco eficiente para analizar cómo las características de los profesores (p. ej., conocimientos) y el contexto (p. ej., acceso a la tecnología) influyen en sus decisiones de diseño.

En cuanto a las limitaciones del estudio, solo se seleccionaron tres casos de profesores de ciencias, lo que puede no brindar una imagen completa de la integración tecnológica en un contexto específico. Además, el estudio se desarrolló en Chile, por lo cual sus resultados pueden ser aplicables a países latinoamericanos con características similares, pero no necesariamente a países con diferencias culturales, educativas y políticas significativas.

Las implicaciones de este estudio son relevantes para los programas de formación y desarrollo profesional docente que busquen preparar a los profesores de ciencias para integrar la tecnología en sus aulas. Es crucial que los profesores en formación y en servicio adquieran conocimientos sobre la formulación de metas claras y desafiantes para el aprendizaje de las ciencias, incluyendo actividades donde los estudiantes deban justificar, comparar, analizar y/o evaluar. Además, se recomienda proporcionar a los profesores herramientas para integrar la tecnología diseñada para la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, apoyando el desarrollo de prácticas científicas y metodologías específicas de contenido (McCrory, 2008).

Finalmente, las prácticas de enseñanza desarrolladas o reforzadas durante la pandemia podrían adoptarse para la enseñanza de ciencias en la pospandemia. Esto incluye procedimientos de evaluación y el desarrollo de experiencias de laboratorio apoyadas por simulaciones interactivas y aplicaciones móviles, tanto en clase como en casa. Estas prácticas son cruciales para abordar la limitación de recursos de laboratorio y las exigencias que enfrentan los profesores en servicio, como el tiempo limitado, la necesidad de cubrir los contenidos del plan de estudios y el rendimiento de los estudiantes en pruebas estandarizadas.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a los docentes que participaron en este estudio, que se desarrolló en el proyecto FONDECYT 1190990 y en la BECA DE INSTRUCTOR BECARIO de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

REFERENCIAS

- Anderson, L., y Krathwohl, D. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of bloom's taxonomy of educational objectives*.
- Ariza, M. R., y Armenteros, A. Q. (2014). ICT and meaningful science learning. *Enseñanza de Las Ciencias*, 32(1), 101–115. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.433>
- Ärlebäck, J. B. (2020). A case study of tensions and challenges arising as a swedish upper secondary teacher designs and implements a model development sequence on statistics. *International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling*, 139–150. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37673-4_13
- Azungah, T. (2018). Qualitative research: Deductive and inductive approaches to data analysis. *Qualitative Research Journal*, 18(4), 383–400. <https://doi.org/10.1108/QRJ-D-18-00035>
- Belfiori, L. (2014). Uso del marco TPACK por alumnos de un profesorado de matemáticas. In *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* (pp. 1733–1740).
- Cresswell, J. (2007). Qualitative inquiry & research design; choosing among five approaches, 2d ed. In *Reference and Research Book News* (Vol. 22, Issue 2). Copyright Clearance Center.
- Engeström, Y. (2014). Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research, second edition. In *Learning by Expanding: An Activity-Theoretical Approach to Developmental Research, Second Edition*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139814744>
- Engeström, Y., y Sannino, A. (2010). Studies of expansive learning: Foundations, findings and future challenges. *Educational Research Review*, 5(1), 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2009.12.002>
- Engeström, Yrjö. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Orienta-konsultit.

- Engeström, Yrjö. (1999). *Innovative learning in work teams: Analyzing cycles of knowledge creation in practice* (pp. 377–404). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511812774.025>
- Graham, C. R., Borup, J., y Smith, N. B. (2012). Using TPACK as a framework to understand teacher candidates' technology integration decisions. *Journal of Computer Assisted Learning*, 28(6), 530–546. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2011.00472.x>
- Graham, C. R., Burgoyne, N., Cantrell, P., Smith, L., Clair St., L., y Harris, R. (2009). TPACK development in science teaching: Measuring the TPACK confidence of inservice science teachers. *TechTrends*, 53(5), 70–79. <https://doi.org/10.1007/s11528-009-0328-0>
- Gregorcic, B., Etkina, E., y Planinsic, G. (2018). A new way of using the interactive whiteboard in a high school physics classroom: A case study. *Research in Science Education*, 48(2), 465–489. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9576-0>
- Harris, J., Grandgenett, N., y Hofer, M. (2015). Testing a TPACK-Based technology integration assessment rubric. In *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2010*.
- Jimoyiannis, A. (2010). Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teachers professional development. *Computers and Education*, 55(3), 1259–1269. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.05.022>
- Jonassen, D. H., y Rohrer-Murphy, L. (1999). Activity theory as a framework for designing constructivist learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 47(1), 61–79. <https://doi.org/10.1007/BF02299477>
- Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S., y Graham, C. R. (2014). The technological pedagogical content knowledge framework. In *Handbook of Research on Educational Communications and Technology: fourth Edition*. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_9
- Laferrière, T., Hamel, C., y Searson, M. (2013). Barriers to successful implementation of technology integration in educational settings: A case study. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(5), 463–473. <https://doi.org/10.1111/jcal.12034>
- Land, C. L., y Rubin, J. C. (2020). Part of the assignment: student–teachers' planning instruction within/across activity systems. *Teaching Education*, 31(3), 279–297. <https://doi.org/10.1080/10476210.2018.1546689>
- Leont'ev, A. N. (1978). Activity, consciousness, and personality. *Englewood Cliffs, NJ. Prentice Hall*.
- McCrorry, R. (2008). Science, technology, and teaching: The topic-specific challenges of TPCK in science. In *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators* (pp. 193–206). Routledge New York.
- Miles, M. B., y Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2nd ed). Sage. [https://doi.org/10.1016/s1098-2140\(99\)80125-8](https://doi.org/10.1016/s1098-2140(99)80125-8)
- Ministerio de Educación de Chile. (2012). *Bases curriculares primero a sexto básico*. Santiago: Unidad Curriculum y Evaluación.
- Ministerio de Educación de Chile. (2015). *Nuevas bases curriculares y programas de estudio 7° y 8° año de educación básica/1° y 2° año de educación media*. Santiago: Unidad Curriculum y Evaluación.
- Ministerio de Educación de Chile. (2019). *Bases curriculares 3° y 4° medio*. Santiago: Unidad Curriculum y Evaluación.
- Mishra, P., y Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- National Academies of Sciences, Engineering, and M. (2019). *Science and engineering for grades 6-12: Investigation and design at the center* (B. Moulding, N. Songer, y K. Brenner (eds.)). The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25216>

- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Petko, D., Prasse, D., y Cantieni, A. (2018). The interplay of school readiness and teacher readiness for educational technology integration: A structural equation model. *Computers in the Schools*, 35(1), 1–18. <https://doi.org/10.1080/07380569.2018.1428007>
- Pringle, R. M., Dawson, K., y Ritzhaupt, A. D. (2015). Integrating science and technology: Using technological pedagogical content knowledge as a framework to study the practices of science teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 24(5), 648–662. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9553-9>
- Roussinos, D., y Jimoyiannis, A. (2019). Examining primary education teachers' perceptions of TPACK and the related educational context factors. *Journal of Research on Technology in Education*, 51(4), 377–397. <https://doi.org/10.1080/15391523.2019.1666323>
- Saritepeci, M. (2022). Modelling the effect of TPACK and computational thinking on classroom management in technology enriched courses. *Technology, Knowledge and Learning*, 27(4), 1155–1169. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09529-y>
- Schmid, M., Brianza, E., y Petko, D. (2021). Self-reported technological pedagogical content knowledge (TPACK) of pre-service teachers in relation to digital technology use in lesson plans. *Computers in Human Behavior*, 115. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106586>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Stinken-Rösner, L., Hofer, E., Rodenhauer, A., y Abels, S. (2023). Technology implementation in pre-service science teacher education based on the transformative view of tpack: effects on pre-service teachers' TPACK, behavioral orientations and actions in practice. *Education Sciences*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/educsci13070732>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wekerle, C., y Kollar, I. (2022). Using technology to promote student learning? An analysis of pre- and in-service teachers' lesson plans. *Technology, Pedagogy and Education*, 31(5), 597–614. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2022.2083669>
- Willermark, S. (2018). Technological pedagogical and content knowledge: A review of empirical studies published from 2011 to 2016. *Journal of Educational Computing Research*, 56(3), 315–343. <https://doi.org/10.1177/0735633117713114>
- Xue, S., Du, J., y Yang, Y. (2021). Institutional influences on teachers' classroom technology integration: A multi-case study of teachers' uses of mobile social media at universities in China. *Asia Pacific Journal of Education*, 1–22. <https://doi.org/10.1080/02188791.2021.1996332>
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (Sixth edit). SAGE.
- Zwickl, B. M., Ikoro, V., y Allie, S. (2023). Characterizing lab environments using activity theory. *The International Handbook of Physics Education Research: Teaching Physics*, 10–11. https://doi.org/10.1063/9780735425712_010

Technology Integration in the Design of a Learning Activity: A Case Study

Andrea López Rodríguez

Facultad de Educación. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

lalopez4@uc.cl

Alejandra Meneses Arévalo

Facultad de Educación. Pontificia Universidad Católica de Chile. Villarrica, Araucanía Región, 7820436, Chile.

amenesea@uc.cl

INTRODUCTION

This study explores how secondary science teachers design technology-mediated learning activities focusing on technology selection, knowledge orchestration, and the contradictions that arise. The framework combines Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) and Activity Theory (AT). TPACK identifies the knowledge required for effective technology integration, while AT highlights the broader system, revealing contradictions between tools, learning objectives, and institutional contexts.

METHODOLOGY

A qualitative multiple-case study was conducted with three secondary science teachers from Chile (representing the subjects of biology, chemistry, and physics). They were tasked with designing a technology-mediated learning activity for 15-16-year-old students, focusing on energy and matter. Activity designs and post-design interviews provided insights into the teachers' decisions and challenges.

FINDINGS AND DISCUSSION

The findings show that while the teachers integrated content-specific technologies, the cognitive demand of the activities was generally low. For example, the Chemistry teacher used a simulation for the law of conservation of mass, but the fixed parameters limited interaction, hindering deeper exploration. In Biology, a video explaining photosynthesis presented too much information too quickly, which overwhelmed students. In Physics, the teacher used a spreadsheet and simulation to analyze frequency data, but the learning objective remained basic, thus limiting complex cognitive tasks.

Teachers demonstrated strong content knowledge (CK), accurately conveying scientific concepts like conservation of mass, photosynthesis, and frequency. However, their pedagogical knowledge (PK) and technological knowledge (TK) were not fully used to enhance the students' learning. Teachers generally selected familiar technologies to engage students, but they did not always choose tools that supported higher-order thinking. The Chemistry simulation restricted interactivity, while the Biology video overwhelmed students with too much information. The Physics teacher's spreadsheets allowed for data collection but did not encourage deeper analysis.

Several contradictions emerged in the designs. In Chemistry, there was a misalignment between the learning objective –understanding the law of conservation of mass– and the activity's design, which lacked clarity and left students uncertain about the expectations. In Biology, the fast pace and information overload of the video created a gap between the teacher's intentions and the students' ability to process the content. In Physics, the professor used spreadsheets, but said that students found them complex and unattractive, which could reduce motivation and make it difficult for them to effectively analyze data.

In addition to these contradictions, teachers faced external challenges, such as institutional rules limiting access to technology. In some schools, students were not allowed to use mobile phones, which restricted the teachers' ability to integrate digital tools. Moreover, limited access to quality tablets and computers hindered the effectiveness of the technology-mediated activities, reflecting broader issues of unequal resource access.

CONCLUSION

This study shows that while secondary science teachers can integrate technology, its effectiveness is often limited by low cognitive demands and misalignment between tools and objectives. Many activities focus on basic tasks, lacking higher-order thinking, such as analysis or evaluation. Contradictions

also arose regarding the clarity of learning goals, the suitability of selected technologies, and resource access. To address this, professional development should focus on formulating clear, challenging objectives which are aligned with technology use. Teachers need support in using digital tools for deeper engagement, and schools must address factors like resource access and restrictive policies.

