



JUEGOS SERIOS PARA ENSEÑAR Y APRENDER CONOCIMIENTO EPISTÉMICO SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA EN EDUCACIÓN PRIMARIA

Serious games to teach and learn epistemic knowledge about the nature of science in primary education

Jogos sérios para ensinar e aprender conhecimento epistêmico sobre a natureza da ciência no ensino fundamental

Resumen: El conocimiento epistémico (CE) o naturaleza de la ciencia es reconocido en didáctica de la ciencia como un componente esencial de la alfabetización científica, necesaria para vivir en un mundo sostenible y empapado de ciencia y tecnología. Enseñar y aprender CE es difícil por su naturaleza meta-cognitiva, y especialmente en educación primaria; este estudio cualitativo pretende innovar el desarrollo profesional de los docentes en servicio, mediante el reto de enseñar CE a sus estudiantes con juegos cooperativos (cubos y dados), que facilitan la oportunidad de aprender algunos aspectos de CE (observaciones, justificaciones, argumentos, modelos, planificación, comunicación y debates cooperativos) gracias a su analogía accesible de la práctica científica. Los resultados engloban todo el proceso: planificación didáctica, juegos, recursos, argumentación, producciones del aprendizaje, motivación e interés de maestros y estudiantes y evaluación por los docentes; globalmente, demuestran éxito del desarrollo docente y aprendizaje y participación positivos de los estudiantes. Se discuten los resultados, límites e implicaciones para la educación y la disposición de los maestros para continuar su formación.

Palabras clave: Conocimiento epistémico; Destrezas de pensamiento; Docentes de primaria; Naturaleza de la ciencia; Pensamiento científico.

Abstract: Epistemic knowledge (EK) or nature of science is acknowledged in science education as an essential component of scientific literacy needed for living in a sustainable world embedded by science-and-technology. Teaching and learning EK is difficult, due to its metacognitive nature, and especially in elementary education; this qualitative study aims to innovate in-service elementary teachers' professional development on EK through the challenge of teaching EK to their students using serious cooperative games (cubes and dices), which ease the opportunity to learn some EK aspects (observations, justifications, argumentations, models and cooperative planning, communication and discussion) due to its accessible analogy of scientific practice. The results encompass the whole process: lesson plans, games, teaching resources, learning productions, teachers' and students' motivation and interest and teacher evaluation; they show success of teachers' development and students' positive learning and participation. Finally, results, limits and future implications for science education and teachers' willingness to further develop their training are discussed.

Keywords: Epistemic knowledge; Nature of science; In-service elementary teachers; Scientific thinking; Thinking skills.

Resumo: O conhecimento epistêmico (CE) ou natureza da ciência é reconhecido na didática da ciência como um componente essencial da alfabetização científica, necessário para viver em um mundo sustentável mergulhado em ciência e tecnologia. O ensino e a aprendizagem da EC são difíceis devido à sua natureza meta-cognitiva, especialmente na educação primária; este estudo qualitativo visa inovar o desenvolvimento profissional de professores em serviço, através do desafio de ensinar EC aos seus alunos com jogos cooperativos (cubos e dados), que proporcionem a oportunidade de aprender alguns aspectos do CC (observações, justificativas, argumentos, modelos e planejamento cooperativo, comunicação e discussão) graças à sua analogia acessível da prática científica. Os resultados abrangem todo o processo: planejamento didático, jogos, recursos, argumentação, produções de aprendizagem, motivação e interesse de professores e alunos e avaliação dos professores; globalmente, eles demonstram um desenvolvimento bem-sucedido do professor e um aprendizado e envolvimento positivo dos alunos. São discutidos os resultados, limites e implicações para a formação e a disposição dos professores em continuar sua formação.

Palavras-Chave: Conhecimento epistêmico; Habilidades de pensamento; Professores do ensino primário; Natureza da ciência; Pensamento científico.

MARÍA-ANTONIA MANASSERO-MAS

Universidad de las Islas Baleares,
Palma de Mallorca, España

0000-0002-7804-7779

ANTONI J. BENNÀSSAR-ROIG

Universidad de las Islas Baleares,
Palma de Mallorca, España

0000-0001-7612-3937

ÁNGEL VÁZQUEZ-ALONSO

Universidad de las Islas Baleares,
Palma de Mallorca, España

0000-0001-5830-7062



MANASSERO-MAS, M.-A.; BENNÀSSAR-ROIG, A. J.; VÁZQUEZ-ALONSO, A. Juegos serios para enseñar y aprender conocimiento epistémico sobre la naturaleza de la ciencia en educación primaria. Revista Eletrônica Ludus Scientiae, Foz do Iguaçu, v. 5, n. 1, p. 80-95, 2021.



INTRODUCCIÓN

La alfabetización científica es un objetivo perenne de la educación científica, que se centra en cambiar el enfoque tradicional de «ciencia para los científicos» por una nueva «ciencia para todos» inclusiva y preparadora de los ciudadanos para la vida cotidiana en un mundo sostenible cada vez más permeado por la ciencia y tecnología (HODSON; WONG, 2017; VÁZQUEZ-ALONSO; MANASSERO-MAS, 2018). Además de los conocimientos “de” ciencia (conceptos, hechos, principios y procesos tradicionales de ciencia y tecnología que dominan todos los libros de texto), el componente innovador clave de la alfabetización científica es el conocimiento «sobre» la ciencia, que en didáctica de la ciencia se llama naturaleza de la ciencia (NdC), pues trata de comprender cómo funcionan la ciencia y los científicos para validar conocimiento o intervenir en la sociedad (VÁZQUEZ-ALONSO; MANASSERO-MAS, 2019). Por otro lado, el conocimiento acerca de la naturaleza y la adquisición de conocimientos generales se llama conocimiento epistémico (CE) en la investigación educativa. Puesto que ambos (CE y NdC) se refieren al mismo constructo (¿cómo y por qué sabemos lo que sabemos?), en adelante, para resaltar esta equivalencia, se utiliza una denominación conjunta (CE/NdC), aunque CE se refiere al conocimiento general y NdC al conocimiento científico, que será la referencia principal de este estudio.

El CE/NdC involucra un conjunto de meta-conocimientos complejos, multifacéticos, interdisciplinarios, evolutivos y cambiantes sobre las prácticas científicas (y tecnológicas), que la historia, filosofía y sociología de la ciencia (y otras disciplinas) han aportado cuando analizan esas prácticas y que se refieren al funcionamiento, métodos, valores, comunidad científica, ciencia, tecnología, relaciones con la sociedad, etc. (LEDERMAN; LEDERMAN, 2019; NGSS LEAD STATES, 2013).

La enseñanza y el aprendizaje del CE/NdC enfrenta diversas dificultades, tales como el carácter innovador, interdisciplinario y meta-cognitivo de sus contenidos y la carencia de materiales didácticos adecuados; por ello, constituye aún una innovación pendiente en la ciencia escolar, aunque también existen contribuciones consolidadas. Diversas investigaciones convergen en señalar que los enfoques metodológicos de enseñanza más eficaces deben involucrar planteamientos explícitos de la enseñanza y actividades de reflexión meta-cognitiva para los estudiantes (ABD-EL-KHALICK; AKERSON, 2009; LEDERMAN; LEDERMAN, 2019).

Actualmente existe un acuerdo sobre la necesidad de enseñar los conocimientos acerca de la ciencia como un elemento central de la alfabetización científica, pero a la vez, también hay una divergencia sobre cuáles serían los contenidos más apropiados para esta enseñanza. Esta divergencia se manifiesta en el uso de diferentes denominaciones, tales como naturaleza de la ciencia, ideas sobre la ciencia, rasgos de la ciencia, ciencia total, conocimiento sobre la práctica científica, conocimiento epistémico, entre otras. En el fondo, la divergencia se centra en decidir los contenidos curriculares más adecuados para ser enseñados. Los defensores de la denominada visión de consenso proponen una lista reducida de temas por su potencial funcionalidad y practicidad (ABD-EL-KHALICK; AKERSON, 2009; LEDERMAN; LEDERMAN, 2019; MCCOMAS, 2008); otros especialistas consideran que la funcionalidad es insuficiente para justificar la gran reducción y devaluación conceptual del CE/NdC con una lista de temas y defienden visiones más amplias (entre otros, ACEVEDO-DÍAZ; GARCÍA-CARMONA, 2016; DAGHER; ERDURAN, 2016; HODSON; WONG, 2017).

En esta línea, las re-conceptualizaciones de Dagher y Erduran (2016) y Autores (2019) proponen bases similares para el constructo, formado por dos dimensiones básicas amplias: cognitivo-epistemológica y social-institucional; el segundo trabajo las desarrolla en una taxonomía abierta y flexible, donde se estructuran decenas de categorías, temas y subtemas. En esta línea y para todos los niveles educativos, el programa para las nuevas generaciones (NGSS LEAD STATES, 2013) integra de forma natural en el concepto de práctica científica, la variedad de prácticas científicas e ingenieriles con contenidos sobre CE/NdC, expuestas en las re-conceptualizaciones anteriores. Las siguientes ideas de CE/NdC se toman como referente de este estudio porque se adaptan bien a la educación elemental:

- El conocimiento científico supone orden y consistencia en los sistemas naturales.

- La investigación científica utiliza una variedad de métodos.
- El conocimiento científico se basa en evidencia empírica.
- El conocimiento científico está abierto a revisión, basada en nueva evidencia (cambio).
- Las leyes, mecanismos, modelos y teorías científicas explican los fenómenos naturales.

La mayoría de investigaciones sobre formación de docentes están orientadas a diagnosticar las preconcepciones ingenuas de los docentes sobre CE/NdC y menos a superarlas. Este estudio aporta un enfoque orientado al desarrollo profesional del docente de primaria, integrando la enseñanza y el aprendizaje mediante un juego serio, de acuerdo con las orientaciones acerca del marco teórico de los juegos, la formación del profesorado y las aportaciones de ambos para superar las dificultades existentes en la enseñanza de contenidos de CE/NdC.

MARCO TEÓRICO: JUEGOS Y CONOCIMIENTO EPISTÉMICO

Los juegos son actividades caracterizadas por la fijación de unos objetivos, con frecuencia en forma de retos, y unas reglas para conseguirlos, que regulan las interacciones entre jugadores; el desarrollo del juego produce información de realimentación que los jugadores usan inteligentemente para jugar, entretenerse, competir y ganar. La literatura se refiere a cinco tipos de juegos: físicos, con objetos, simbólicos, dramáticos y reglados (aunque un juego puede compartir varios rasgos); en el juego con objetos el jugador actúa como un científico, explorando los diversos objetos, y los juegos reglados desarrollan, en distinta medida, muchas características: actividad, relevancia, interacción, entretenimiento, curiosidad, desafío, inhibición de la realidad, control del jugador, contenidos explícitos y normas (WHITEBREAD, 2012).

Aunque el entretenimiento es un objetivo de todo juego, los juegos serios son aquellos donde el entretenimiento es sólo un medio para lograr nuevos fines, tales como formación, educación, salud, comunicación, etc. Los juegos serios producen aprendizajes y se distinguen de los meros juegos porque ofrecen información desconocida, fomentan un cambio de conducta o desarrollan habilidades nuevas en los jugadores, que no solo disfrutan de la diversión jugando. Por eso, algunos autores los denominan también juegos para el aprendizaje lúdico (HASSINGER-DAS et al., 2017).

Diversos estudios sugieren que los juegos serios son efectivos para producir cambios conductuales, cognitivos y meta-cognitivos y que, frente a la instrucción convencional, son más eficaces. El meta-análisis sobre el aprendizaje visible de Hattie (2009) asigna a los juegos y videos interactivos un tamaño de efecto medio sobre el aprendizaje ($d = 0.50$ y 0.52) y justifica el uso de juegos como recursos de enseñanza por el buen impacto del juego en el aprendizaje. La revisión de varios meta-análisis de Clark, Tanner-Smith y Killingsworth (2016) indica que los juegos serios digitales se asocian a una mejora media moderada ($d = 0.33$) en múltiples variables cognitivas, actitudinales, conocimientos, auto-eficacia, procedimientos y retención con relación a condiciones de aprendizaje que no implican juegos.

Además, los juegos añaden otras ventajas educativas: los estudiantes generalmente no necesitan conocimientos previos para jugar, los contenidos pueden diseñarse de manera flexible para adaptarse a las necesidades del estudiante (edad, nivel, asignatura, etc.), y sus actividades y el tiempo de prácticas pueden planificarse para desarrollar el aprendizaje cooperativo y social en grupo (MCGONIGAL, 2011). Por otro lado, el estudio de Wouters et al. (2013) sugiere algunos factores que actúan como moderadores positivos de la eficacia de los juegos para aprender: practicar el juego en grupo cooperativo, suplementar el juego con información de aprendizaje relevante y dedicar múltiples sesiones a la práctica del juego. En particular, los juegos que simulan problemas permiten enseñar también aspectos epistémicos complejos sobre la actuación como científicos y el pensamiento, especialmente la argumentación con base en pruebas (GEE, 2015; SQUIRE, 2011).

Los juegos educativos serios puestos en práctica en este estudio deben permitir la superación de las dificultades anteriores: formar al profesorado, hacer fácil y emocionante un aprendizaje difícil por otros medios y aportar a la carencia de recursos. La carencia de recursos para el aprendizaje del CE/NdC es general, pero también es específica entre los muchos juegos aplicados en la educación científica; por

ejemplo, el análisis de Li y Tsai (2013) sobre 31 investigaciones (2000-2011) basadas en juegos digitales científicos muestra que ningún juego abordaba el aprendizaje de temas de CE/NdC. En suma, los juegos serios aportan una serie de ventajas para la enseñanza y aprendizaje de cuestiones de CE/NdC, y por ello, se toman como recurso didáctico básico de la experiencia en este estudio. Sus aportaciones a la formación del profesorado se abordan en la sección siguiente.

Formación del profesorado y reflexión: desarrollo del pensamiento científico

Un inconveniente importante para la enseñanza efectiva de temas CE/NdC, señalado por la investigación, es que el docente no tiene una adecuada comprensión de esos temas, lo cual indica una formación incorrecta, aunque el bajo nivel de comprensión tiene diferente prevalencia según el tema (LEDERMAN; LEDERMAN, 2019). Además, los estudios relativos al profesorado de educación elemental o primaria son relativamente más escasos en la literatura; entre 2010-2018, Cofré et al. (2019) identifican nueve estudios sobre la evaluación de la comprensión y la formación de maestros de primaria de CE/NdC, y recomiendan usar como instrumento de formación, la planificación y aplicación de la enseñanza sobre temas epistémicos en las aulas. Por su parte, Akerson et al. (2019) sostienen que los maestros deben enseñar mediante estrategias de interacción en clase y de trabajo escrito, para de los estudiantes aprendan CE/NdC. Ambas perspectivas son adoptadas en este estudio, centrado en la formación docente desde la perspectiva de enseñar temas de CE/NdC, no mencionando las investigaciones centradas en el diagnóstico de ideas previas, por falta de espacio suficiente.

Por otro lado, algunas investigaciones muestran que los estudiantes no logran aprendizajes en CE/NdC porque cometen errores básicos de pensamiento, tales como confundir datos y justificaciones, introducir opiniones, saltar a las conclusiones, ignorar pruebas contrarias a sus ideas o contraargumentos, carecer de meta-conocimientos epistémicos elementales, etc. (MCDONALD; MCROBBIE, 2012). Compartiendo este diagnóstico, Simonneaux (2014) propone explícitamente educar habilidades de pensamiento tales como argumentación (falacias), toma de decisiones, razonamiento, evaluación de pruebas, identificación de intereses, incertidumbres y valores etc., porque son una condición necesaria para el aprendizaje de temas CE/NdC, donde coincide con otros autores (MCDONALD; MCROBBIE, 2012; TAMAYO, 2017; TORRES; SOLBES, 2016) y concluye, además, que los aprendizajes CE/NdC contribuyen a mejorar las habilidades de pensamiento.

En suma, la falta de formación docente, de recursos educativos específicos y de tradición del profesorado son obstáculos para la enseñanza/aprendizaje de CE/NdC, especialmente en las etapas elementales de la educación, donde, además, la formación científica específica de los docentes no suele ser profunda. Este estudio tiene como objetivo llenar estas ausencias, aplicando un juego serio como recurso de enseñanza para la formación de maestros y el aprendizaje de los estudiantes en educación primaria sobre CE/NdC. A diferencia de la mayoría de la investigación, donde la formación se plantea mediante cursos para mejorar las ideas sobre CE/NdC, aquí se presenta la experiencia integral de formar docentes a través de su propia práctica docente, planificando la enseñanza a sus estudiantes CE/NdC a través de un juego serio (aprender haciendo, más que haciendo aprender ideas abstractas sobre CE/NdC). Los estudiantes desempeñan el papel de científicos en el juego, cuyas actividades emulan los diversos aspectos reflexivos, interactivos y cooperativos (sociales) del CE/NdC, proporcionando oportunidades de actuar como científicos, individual y socialmente: estimulando el pensamiento creativo y argumentativo y generando, debatiendo y comunicando ideas y conclusiones.

Este estudio plantea el juego como un recurso didáctico innovador para enseñar y aprender temas de CE/NdC con un doble objetivo; por un lado, mejorar la formación docente y el desarrollo profesional docente sobre CE/NdC, a través de la apropiación pedagógica del juego por los docentes y el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido epistémico mediante habilidades de pensamiento científico y crítico; por otro, demostrar la capacidad de los maestro para lograr que los estudiantes aprendan temas de CE/NdC mediante actividades explícitas y reflexivas (ACEVEDO-DÍAZ; GARCÍA-CARMONA, 2016). La pregunta general de investigación es: ¿qué y cómo aprenden los docentes de primaria, y, en consecuencia, también sus estudiantes, sobre temas de CE/NdC mediante un juego serio de datos, que plantea explícita y reflexivamente contenidos de CE/NdC? Por tanto, se espera que los docentes sean

capaces de desarrollar y aplicar en el aula con éxito una secuencia de enseñanza con el juego y que, como consecuencia, los estudiantes tengan oportunidades de aprendizaje de los contenidos de CE/NdC, a través de la práctica de destrezas de pensamiento científico en el juego: observaciones, justificaciones, argumentos basados en pruebas, modelos (dimensión epistemológica), planificación, comunicación y debates cooperativos (dimensión social).

Ambos objetivos implican el desarrollo y la práctica activa de habilidades específicas de pensamiento científico (crítico) para estudiantes y docentes de primaria, cuyo contenido epistémico las hace relevantes para los temas CE/NdC y transversales para la educación científica, para otras áreas de aprendizaje y para la vida cotidiana (VÁZQUEZ-ALONSO; MANASSERO-MAS, 2018). Como objetivos específicos se plantea alcanzar con el juego las siguientes habilidades de pensamiento y sus contenidos de CE/NdC implicados:

- Plantear preguntas y problemas (preguntas/problemas inician investigaciones).
- Análisis e interpretación de datos (epistemología de la observación con los cubos).
- Construir explicaciones y diseñar soluciones (cada conclusión debe justificarse).
- Participar en argumentos basados en evidencia (argumentar con base en pruebas).
- Desarrollar y usar modelos (elaborar modelos con las estructuras explicativas).
- Planificar y realizar investigaciones (planificación cooperativa de la indagación).
- Obtener, evaluar y comunicar información (exposición y debate entre estudiantes).

La actividad con juegos desarrolla el bloque de contenido #1 (iniciación a la actividad científica) del currículo español de ciencias de la naturaleza para educación primaria; sus prescripciones sobre CE/NdC son excesivamente genéricas (establecer conjeturas, hacer predicciones, comunicar resultados y trabajar cooperativamente) y, por ello, se complementan con los contenidos de CE/NdC citados para hacerlo más pertinente y acorde con los estándares de la literatura sobre NdC.

MÉTODO

La orientación de este estudio es fundamentalmente cualitativa, y se describen los diversos participantes, elementos y procesos desarrollados para la formación del profesorado.

Participantes

Los seis maestros de primaria participantes (4 hombres y 2 mujeres), cuya edad está entre 35 y 60 años, son docentes en servicio en el curso sexto (grado 6) de cinco centros escolares diferentes, de titularidad pública (4) y privada (1), ubicados en las afueras de una ciudad grande (2), una ciudad media (1) y pequeñas poblaciones (2). Su formación inicial no es de ciencias, por lo que recibieron formación en una institución de educación superior para desarrollar contenidos de CE/NdC con el juego. Luego, prepararon, adaptaron y aplicaron los elementos y procesos de la formación para enseñar a sus estudiantes en 2-3 horas de actividades en el aula.

Instrumentos

Los instrumentos de este estudio cualitativo son el juego aplicado y los diversos instrumentos didácticos que desarrollan la enseñanza y aprendizaje de CE/NdC en el aula. Para decidir el juego a aplicar se revisaron varios con contenido de CE/NdC (rompecabezas, cubos, escenarios, tarjetas, etc.). El formato digital fue descartado, pues la complejidad técnica de los juegos digitales podría desvincular o distraer a los aprendices del objetivo didáctico y disminuir las interacciones cooperativas, necesarias para ejercitar la argumentación interactiva basada en pruebas. Los criterios aplicados para elegir el juego con cubos son los criterios generales del marco teórico sobre CE/NdC: metodología cooperativa, el abordaje explícito de los contenidos y las actividades reflexivas del CE/NdC. Además, su sencillez permite su construcción y adaptación por los propios docentes, facilita la formación docente y el aprendizaje de los estudiantes, así como el desarrollo cooperativo (social) y reflexivo del pensamiento argumentativo de maestros y estudiantes (emulando a los científicos).

El juego con cubos consiste en ocultar una cara del cubo para los estudiantes, a quienes se pide que busquen una respuesta razonada a la pregunta: ¿qué hay en la cara oculta del cubo? Trabajando en grupos pequeños, emulan a los equipos de científicos, buscando cooperativa y razonadamente predecir el contenido de la cara oculta, en función de las observaciones y regularidades identificadas en las caras visibles. La búsqueda de respuestas introduce suavemente a los estudiantes en los principales aspectos de la práctica científica para validar el conocimiento (CE/NdC) con énfasis en el razonamiento basado en pruebas, que implica la comprensión epistémica de la observación (descubrir, verificar y razonar sobre las observaciones), de la discusión social y cooperativa en grupo, la resolución de objeciones y anomalías, de la propuesta de una predicción sobre el contenido de la cara oculta (modelo), y la verificación de la compatibilidad entre predicción y observaciones. Sólo se permiten las respuestas que van acompañadas de algún argumento o razonamiento sobre las pruebas. Además, el juego simula el contexto social de la práctica científica, que implica simultáneamente cooperación y competencia, de la misma manera que el juego exige también aceptar reglas, pero también rivalizar para intentar ganar.

La principal ventaja del cubo es que los datos observables en el cubo se pueden diseñar flexiblemente para adaptarse a distintos objetivos, niveles de dificultad y necesidades de los estudiantes. Este estudio aplica dos diseños: un sencillo dado tradicional, con las caras numeradas del 1 al 6, y otro cubo un poco más complejo con letras en cada cara (Figura 1).

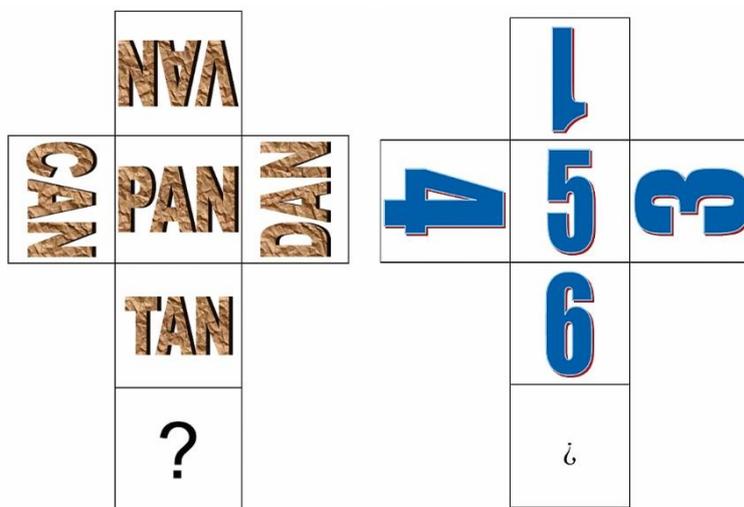


Figura 1 - Dos modelos de cubos utilizados por los estudiantes para predecir el contenido de la cara con el signo de interrogación (cara oculta). Fuente: Autores.

Otro instrumento es el plan de la secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) como producto del proceso de apropiación y desarrollo por los maestros del juego aplicado para enseñar CE/NdC. La SEA, a su vez, también desarrolla modelos de organizadores, que los estudiantes usan como guías para documentar sus observaciones, reflexiones, argumentos y conclusiones durante la actividad y que constituyen otros tantos instrumentos de recogida de datos y productos de esta experiencia (Figura 2).

Procedimientos

Los maestros preparan la SEA para el juego del cubo donde plasman el plan específico de conocimiento didáctico del contenido epistémico para sus alumnos: adaptan la pedagogía, concretan los conocimientos epistémicos para enseñar, diseñan su infusión en el currículo (momento, duración, conexiones), lideran la enseñanza en el aula, explican y orientan las actividades para llegar a conclusiones sobre el CE/NdC, proponen modelos de organizadores (Figuras 2 y 5) y recogen las reflexiones y argumentos de los alumnos plasmadas en los organizadores, que constituyen los datos y la información de los aprendizajes desarrollados aprendizaje en esta experiencia (ver SEA en anexo).

El plan de SEA se desarrolla según el modelo didáctico de las 7E, que desarrolla las etapas extraer, enganchar/envolver, explicar, explorar, extender y evaluar (EISENKRAFT, 2003). Los contenidos comunes de las actividades de aprendizaje en la SEA del juego son: practicar/participar en discusiones responsables

y constructivas, compartir la comprensión del contenido, construir comprensión sobre los datos observacionales propios y de los demás, animación entre iguales para abordar ideas, interpretaciones o conceptos erróneos, y alentar y modelar las habilidades de la investigación científica que caracterizan la práctica científica, tales como pensamiento científico, argumentación, curiosidad, escepticismo y apertura a nuevas ideas y datos. Los estudiantes son instruidos para no aceptar conclusiones que no vayan acompañadas siempre de una razón justificativa como medio de incentivar su pensamiento. El tiempo dedicado a las actividades de aula fue breve, entre una y dos horas.

Para responder a las preguntas en las distintas etapas los estudiantes desarrollan actividades individuales, de grupos pequeños y de grupo clase que implican observar y explorar los cubos, escribir los datos observados, buscar evidencias, razonar sobre datos y evidencias, proponer hipótesis y explicaciones concretas, elaborar y discutir las explicaciones que respalden los datos, y extraer, argumentar y comunicar sus conclusiones. Una actividad final con todo el grupo-clase presenta y discute las respuestas de los grupos para acordar conclusiones globales de la clase.

Los maestros completan su formación sobre enseñanza de conocimientos epistémicos con cubos compartiendo sus experiencias en un proceso cualitativo de reflexión conjunta acerca del proyecto de investigación-acción planificado y desarrollado por cada uno. El fin es co-evaluar y auto-evaluar su propia práctica educativa, mediante el análisis de las actividades y resultados producidos y, especialmente, la recepción, motivación e interés de sus estudiantes (VÁZQUEZ-ALONSO; MANASSERO-MAS, 2017).

RESULTADOS

Los resultados de este estudio cualitativo son las producciones realizadas en las actividades descritas en la metodología con base en los juegos (figura 1). Comprenden todos los documentos elaborados y desarrollados por los maestros para enseñar, desde el plan SEA de las lecciones hasta la valoración de la actividad, y por los estudiantes durante las actividades de aprendizaje.

El trabajo de planificación didáctica de los maestros consistió en elaborar los recursos ofrecidos en la formación inicial, adaptados a cada contexto particular de sus aulas: desarrollar el plan SEA manteniendo los aspectos centrales (objetivos, contenidos, método etc.) y adaptando los aspectos contextuales; por ejemplo, algunos maestros variaron la cara oculta del cubo o las actividades de motivación. Las muestras de resultados que se presentan, obligadamente limitadas, se refieren a los aspectos centrales del plan.

El primer producto de la formación del profesorado fue el diseño por parte de los profesores de la secuencia de enseñanza aprendizaje docente (SEA), contextualizada para aplicar dentro de cada aula (anexo), donde se desarrollan las actividades individuales, en grupos pequeños y en el grupo clase, que dan lugar a las muestras de resultados de aprendizaje de los estudiantes que se presentan. Los autores han supervisado y apoyado externamente los procesos y los productos de las actividades, elaborados y recogidos por los docentes.

Experiencia 1: dados (cubo con números)

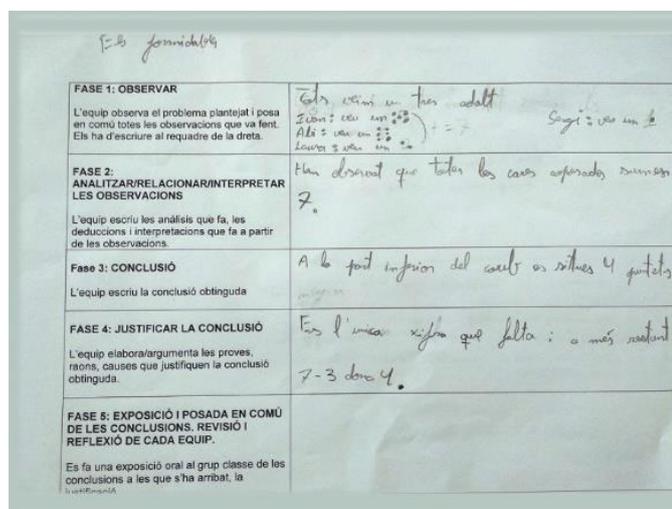
Se refieren en este apartado algunos resultados específicos de los estudiantes del juego con el cubo de números. Algunas de las observaciones frecuentes de los estudiantes sobre los dados han incluido las siguientes:

- Los números son negros.
- El cubo tiene cinco lados visibles.
- El cubo tiene seis lados.
- Los lados expuestos tienen los números 1, 3, 4, 5 y 6.
- Los números en lados opuestos suman 7.

Las tres primeras observaciones corresponden a un tipo de observaciones genéricas (cuya lista es más amplia), que no aportan pruebas relevantes para responder a la pregunta del proyecto de investigación (¿qué hay en la cara oculta del cubo?). Todos los grupos de investigación incluyeron estas y muchas otras respuestas irrelevantes. Las dos últimas observaciones de los estudiantes presentan datos que son cruciales para iniciar una argumentación relevante para responder a la pregunta de investigación, porque la explicación conecta la observación con la conclusión y permite justificar argumentalmente la conclusión. La primera observación es una serie de números donde falta un número intermedio de la serie, y apareció formulada en todos los grupos de trabajo, aunque su expresión verbal mostró distintos grados de precisión. La segunda de ellas, más sofisticada que la primera, apareció en la mitad de los grupos de trabajo de los estudiantes.

La figura 2 muestra un ejemplo concreto del documento organizador completado por un grupo de estudiantes, sus comentarios y las razones del grupo para su respuesta. Este grupo pertenece a una escuela pública situada en las afueras de una ciudad grande y operaba con un dado de puntos, donde los números están sustituidos por puntos, y su transcripción es la siguiente:

- Fase 1. Observar. Todos vemos un 3 arriba; Izan ve un 5; Abi ve un seis; Laura ve un 2; Sergi ve un 1.
- Fase 2. Interpretar las observaciones. Hemos observado que todos los lados opuestos suman siete.
- Fase 3. Conclusión. Debe haber 4 puntos en la cara inferior del cubo.
- Fase 4. Justificación. Es el único número que falta, y también restando $7 - 3$ da 4.



FASE 1: OBSERVAR	Comentari i observacions
L'equip observa el problema plantejat i posa en comú totes les observacions que va fent. Els ha d'escriure al requadre de la dreta.	<p> $3 + 5 + 6 + 2 + 1 = 17$ Izan: veu un 5 Abi: veu un 6 Laura: veu un 2 Sergi: veu un 1 </p>
FASE 2: ANALITZAR/RELACIONAR/INTERPRETAR LES OBSERVACIONS	<p>Hem observat que tots els costats oposats sumen 7.</p>
FASE 3: CONCLUSIÓ	<p>A la part inferior del cubo hi haurà 4 punts.</p>
FASE 4: JUSTIFICAR LA CONCLUSIÓ	<p>Es l'únic xifra que falta: o més resultant $7 - 3$ dona 4.</p>
FASE 5: EXPOSICIÓ I POSADA EN COMÚ DE LES CONCLUSIONS. REVISIÓ I REFLEXIÓ DE CADA EQUIP.	

Figura 2 - Modelo de organizador con los comentarios y respuestas de un grupo de estudiantes que trabajan con un dado de puntos negros (su transcripción literal se puede leer en el párrafo anterior). Fuente: Autores.

Este grupo resume de una manera sintética las observaciones y los dos argumentos principales que conducen a la resolución del juego y respuesta a la pregunta; por un lado, el argumento de que la respuesta es el único número que falta en la serie 1-6; por otro lado, el argumento basado en la observación de la regularidad de que los dos pares de caras opuestas visibles del cubo suman siete unidades, y entonces la diferencia entre siete y la cara opuesta a la cara oculta añade otra razón más para proponer el número para esta cara, y la respuesta a la pregunta de investigación.



Figura 3 - Pequeño grupo de estudiantes en la actividad con el dado numerado y el documento organizador en la mesa. Fuente: Autores.

Algunas contribuciones y debates verbales de los grupos fueron registrados en audio por los maestros a lo largo de las actividades; dos extractos de ellos se transcriben a continuación (Figura 3). El primero narra el flujo argumentativo (sintetizado) dentro de un pequeño grupo cooperativo de estudiantes pertenecientes a un centro público situado en una población de pequeño tamaño:

Grupo 5 ...//...

S1: Los números en los lados opuestos de los dados son impares y pares ...

S2: Y por encima (en la cara superior) tenemos un 2 ...

S3: Y en el lado izquierdo tenemos un 4 y un 6, que son números pares, y a la derecha de los números impares que son el número 3 y el número 1 ...

S4: .. Mmm.. eso significa que abajo debe ser un número impar, y al descartar los números conocidos, tiene que ser 5. El número de la cara invisible es 5.

El segundo extracto pertenece al relato verbal de un niño, que presenta el trabajo de su pequeño grupo cooperativo a toda la clase, y expone el núcleo de la argumentación; la simplicidad, precisión, claridad, coherencia, elocuencia y calidad del lenguaje de su discurso es particularmente brillante para su edad y para la explicación basada en la suma constante de caras opuestas. El estudiante estaba escolarizado en una escuela pública de las afueras de una gran ciudad y obtuvo al final de curso unas calificaciones escolares excelentes en todas las asignaturas.

Grupo 4.

Las caras paralelas del cubo siempre suman 7. Se puede comprobar que el número 3 que está en esta parte, más el 4 que está en el lado opuesto da 7; además, se puede añadir el 2 que está en esta parte, más el 5 que está en la otra parte también dan 7. Si tienes el 6 en la cara superior y se resta de siete es el número 1, por lo que el número 1 está abajo.

Todos los grupos de estudiantes participantes en la experiencia desarrollaron la explicación basada en la serie incompleta de números entre el uno y el seis; la otra explicación, basada en el argumento de la suma constante de las caras opuestas, fue desarrollada solo por la mitad de los grupos.

Experiencia 2: cubo con letras

El cubo con letras resulta obviamente más difícil de resolver que el cubo con números porque aumenta la información en cada cara del cubo (tres letras frente a un número) y porque el conjunto de las letras del alfabeto es mayor y menos sistemático que el conjunto de números. Esta mayor dificultad se ha reflejado en los resultados, porque prácticamente sólo un grupo de los siete que realizaron este juego, lo completó con éxito; este grupo pertenecía a la escuela pública pequeña. En esta actividad, es destacable la disciplina de razonar asumida en los grupos y el recurso a otros instrumentos, como el diccionario, para complementar las observaciones y las explicaciones (Figura 3).

Todos los grupos de trabajo han identificado con mayor o menor precisión los patrones sistemáticos comunes acerca de las letras que se repiten y las conclusiones que extraen de estos patrones para la solución final. Algunos ejemplos:

G3. Hemos visto tres letras en cada cara. ... la solución tiene tres letras ...

G4. Todas las caras acaban en -AN. Supuestamente, la solución acaba en -AN.

G1. Todas las caras comienzan con una consonante. ... la solución comienza por consonante.

G2. Las palabras de todas las cartas visibles tienen un sentido y un significado en el idioma. ... la solución tiene que tener significado como palabra ...



Figura 4 - Pequeño grupo de estudiantes jugando con el cubo de letras, consultando el diccionario y con el documento organizador en la mesa. Fuente: Autores.

Los argumentos esgrimidos para deducir la conclusión final sobre el contenido de la cara oculta del cubo verbal han sido mucho más variados que en el caso del dado; también concentran mayor número de errores, explicables por el riesgo de asumir muchos más datos y argumentos más complejos. Algunos de estos argumentos formulados por los estudiantes y que parecen descaminados son los siguientes:

G1. La propuesta es LAN porque es la siguiente palabra con significado después de la última palabra

G3. Las primeras de las caras opuestas son consecutivas en el abecedario.

G5. Hemos contado el abecedario de 4 en 4, porque varias letras ocupan posiciones en el abecedario que son múltiplos de cuatro y entonces la respuesta es LAN.

G6. Por alusiones debe ser una de las 26 posibles palabras que acaban en -AN.

G7. Con las palabras visibles podemos formar una frase, y ya no hemos podido formar una frase con una palabra que sea la solución.

Algunos otros argumentos aportados por los estudiantes y que podrían ser compatibles con una posible solución son similares al siguiente argumento, aunque obviamente resulta incompleto:

G4. La solución es una palabra de las siguientes (FAN, MAN, SAN ...) porque tienen significado, empiezan por consonante y acaban en -AN.

La Figura 5 muestra el organizador de un grupo que expone la argumentación que más se aproxima a una solución correcta. La transcripción del organizador es la siguiente:

G3.

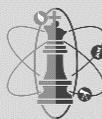
Etapa 1. Hemos visto tres letras en cada cara.

Etapa 2. Todas las palabras acaban con -AN. Todas las palabras están en mayúsculas. Las primeras letras de las caras opuestas son consecutivas en el abecedario. La solución podría ser un sustantivo y podría ser QAN o RAN.

Etapa 3. La respuesta es SAN. Porque en cada palabra hay tres letras... tres letras más debajo de la letra P está la S, por tanto, SAN es la respuesta.

Etapa 4. Porque en cada palabra hay tres letras y tres letras más abajo de la letra P según del orden del abecedario está la letra S, SAN es una palabra que es la abreviatura de Santo.

El argumento es poco nítido y débil en este caso, porque expresa deficientemente los conceptos de letras consecutivas en caras opuestas y que la existencia de palabras de tres letras motiva que se deberán contar tres letras después de la letra P.



Guía para juegos		
ETAPA 1 Observar	El equipo observa el problema planteado y pone en común todos los hallazgos realizados escribiéndolos al lado.	Mem vist tres lletres a cada cara.
ETAPA 2 Analitzar/relacionar/interpretar las observaciones	El equipo elabora las observaciones realizadas; escribe los análisis, las relaciones e interpretaciones sobre los datos obtenidos.	Totes les paraules acaben amb -an. Totes les vocals estan amb majúscula. Les primeres lletres de les cares oposades son consecutives a l'abecedari. La paraula pot ser "gan" o "ran". Podria ser un substantiu.
ETAPA 3 Conclusión	El equipo escribe la conclusión obtenida.	Es "san". Perquè a cada paraula hi ha 3 lletres i 3 lletres més abast de sa piii ha la S. "san" es una abreviació de "santa".
ETAPA 4 Justificar la conclusión	El equipo elabora/argumenta las pruebas, razones o causas que justifican la conclusión obtenida.	Perquè a cada paraula hi ha 3 lletres i tres lletres més abast de la p segons l'ordre de l'abecedari; hi ha la S i "san" amb castella es una abreviació de "santa".
ETAPA 5 Puesto en común en el grupo clase de resultados y conclusiones. Los equipos reflexionan/revistan sus aciertos y errores.	El grupo-clase elabora/argumenta las pruebas, razones o causas que justifican la conclusión obtenida por el grupo.	

Figura 5 - Organizador que contiene los comentarios de un grupo de estudiantes sobre el cubo de letras (su transcripción literal se puede leer en el párrafo anterior). Fuente: Autores.

Un total de siete pequeños grupos han realizado la actividad de extensión con el dado de palabras; sólo tres de ellos han propuesto una solución aproximadamente correcta, aunque los argumentos empleados para respaldar y justificar la solución propuesta presentan deficiencias, mientras los otros cuatro grupos no han logrado aproximarse a la solución en el dado de palabras. Estos resultados se contraponen con los resultados del dado numérico, donde todos los grupos, con una u otra argumentación, han propuesto una solución adecuada. No obstante, también cabe destacar positivamente que los grupos del cubo verbal han respondido al reto de búsqueda propuesto, han sido más creativos y han desarrollado mayor variedad de explicaciones para justificar sus respuestas que en el cubo numérico, en parte porque el caso también se prestaba a ello.

Finalmente, la experiencia con cubos aporta también otro valioso resultado de orden afectivo: todos los grupos asumieron la regla impuesta al juego de aportar una justificación razonada a la solución propuesta y se implicaron en ello; aunque este resultado pueda parecer obvio, no por ello es menos valioso, pues demuestra una positiva disposición permanente de los estudiantes a elaborar reflexivamente sus observaciones, argumentaciones y conclusiones.

La reflexión formativa de los maestros

Para completar la formación del profesorado de primaria sobre conocimientos epistémicos, los profesores compartieron sus experiencias sobre la aplicación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre cubos en una sesión conjunta, donde los profesores reflexionaron y autoevaluaron las actividades y los resultados logrados por los estudiantes.

Los maestros destacan que el principal inconveniente fue frenar la impulsividad de algunos estudiantes, para dar inmediatamente, una rápida e irreflexiva respuesta como solución a la actividad con el dado; por estar familiarizado con el tradicional dado de números, que se utiliza mucho en juegos, muchos olvidaban buscar las razones de apoyo al contenido de la cara oculta. Los maestros tuvieron que insistir en que la tarea del juego no es solo dar la solución, sino argumentarla, elaborando y buscando interpretaciones razonadas de los datos que conducen a una predicción válida.

A pesar de este inconveniente, todos los maestros estaban satisfechos con la experiencia, como muestran estos dos extractos:

Considero positiva la experiencia en conjunto, porque las simples y pequeñas actividades realizadas pueden ser herramientas más útiles de lo que parecen a primera vista por su sencillez.

Una de las cosas más interesantes de la experiencia con los cubos es que las actividades son asequibles y del mismo estilo y nivel que se presentan en momentos y situaciones naturales de la vida diaria.

Los autores pidieron a los profesores que se comprometieran con evaluaciones más específicas y críticas de la experiencia con sus estudiantes. Las conclusiones de los maestros reflejan las conductas de algunos estudiantes que los maestros inesperadamente encontraron suficientemente buenas como para ser enfatizadas, por estar alineadas con el objetivo de la actividad:

Los estudiantes aceptaron espontáneamente todas las opiniones, aunque después fuesen corregidas o descartadas.

A pesar de tener ideas muy diferentes, los estudiantes trataron de llegar a un consenso, y no se pelearon mucho para imponer sus puntos de vista personales, sino que más bien aceptaron la diversidad de ideas.

Cuando surgieron nuevas pruebas a lo largo de los intercambios cooperativos y las discusiones, los estudiantes trataron de cambiar y ajustar sus puntos de vista a los hechos.

Inicialmente los estudiantes lanzaban al juego la primera idea que se les venía a la boca: esta impulsividad se redujo progresivamente, al tiempo que aumentaba la reflexión sobre las evidencias.

De hecho, estas conclusiones identifican una mejora progresiva de los procesos de autorregulación y meta-cognición, que los maestros consideran positivos, porque contribuyen a aumentar el autocontrol de los estudiantes sobre su conducta, a lo largo de su trabajo cooperativo de creación y discusión de ideas, para resolver el reto planteado y la toma de decisión sobre la solución por acuerdo del grupo.

DISCUSIÓN

La experiencia de formación del profesorado y aprendizaje de los estudiantes sobre CE/NdC que se presenta aquí debe contextualizarse teniendo en cuenta que el objetivo es formar y motivar al docente de primaria participante para enseñar contenidos de CE/NdC. Este primer paso es innovador porque los maestros no tenían formación específica en ciencias y menos sobre temas epistémicos, verificando que el juego podía lograr los dos fines planeados: los maestros enseñar y los estudiantes aprender CE/NdC. Dado que las principales dificultades para enseñar CE/NdC son la falta de recursos apropiados y la escasa formación docente, que causan la reticencia del profesorado a enseñarlo, la satisfacción mostrada por maestros y estudiantes con la actividad del juego con cubos desarrollada en el aula significa que se alcanzaron los objetivos básicos: el desarrollo profesional de los maestros, el aprendizaje de los estudiantes y la creación de recursos simples y accesibles, que ofrece oportunidades para que los estudiantes jueguen el papel de científicos razonando sobre datos (WHITEBREAD, 2012).

Una limitación general de todo juego es su carácter analógico respecto a las situaciones reales del CE/NdC que modela, pues todo modelo es una representación incompleta y simplificada del contenido original sobre la práctica científica. Sin embargo, los intangibles que logra y los obstáculos que vence esta enseñanza vicaria con juegos superan esta limitación teórica, porque tal vez contenidos tan complejos no se podrían enseñar exitosamente de otra forma a estudiantes tan jóvenes. La accesibilidad, el desarrollo del pensamiento y de actitudes favorables en estudiantes y maestros (motivación, participación, satisfacción y confianza), junto con la generación de un compromiso final de los maestros para continuar con la enseñanza por juegos, marcan un punto de inflexión para remediar la tradicional relegación de la enseñanza de estos conocimientos como refleja la literatura (ABD-EL-KHALICK; AKERSON, 2009; COFRÉ et al., 2019; LEDERMAN; LEDERMAN, 2019). En suma, los juegos hacen accesibles a los profesores (para enseñar) y a los estudiantes (para aprender) los complejos conocimientos epistémicos, de forma explícita y reflexiva, y estos logros compensan muy ampliamente la teórica imitación analógica y aún más la alternativa nihilista de seguir sin enseñarlos.

Wouters et al. (2013) sugirieron que jugar cooperativamente, añadir información relevante y aumentar las sesiones de práctica amplifican la eficacia del aprendizaje con juegos. La primera condición, cooperar, es confirmada por los resultados obtenidos con la metodología cooperativa usada como un elemento determinante de la eficacia del juego en esta experiencia (y es una alternativa a la individualidad dominante en muchos juegos digitales). Los dos factores restantes sugieren sendas propuestas de mejora de la formación con juegos: incrementar el tiempo de práctica con los juegos y añadir información

relevante; para este caso se propone ilustrar el CE/NdC del juego con casos reales y coherentes extraídos de la historia de la ciencia (GARCÍA-CARMONA, 2018; McCOMAS, 2008).

La auto-sostenibilidad es un rasgo prospectivo y relevante de esta experiencia que surge de la sencillez y accesibilidad del juego, pues permite su desarrollo sistemático en múltiples adaptaciones para satisfacer una diversidad de niveles educativos, objetivos, temas y destrezas de aprendizaje, sin necesidad de grandes conocimientos o recursos. La sostenibilidad también amplifica el valor de la formación del profesorado con estos recursos gamificados, pues mantiene la disposición de los docentes a enseñar estos temas con autonomía, confianza y emoción (VÁZQUEZ-ALONSO; MANASSERO-MAS, 2018).

La auto-sostenibilidad proyecta el futuro de ampliar en tiempo y profundidad y extender la enseñanza de conocimientos epistémicos a otros niveles del sistema educativo con base en sus dos ideas clave y fructíferas: jugar y pensar (argumentar, razonar). Puesto que los estudiantes de toda edad son capaces de jugar, y, además, existen destrezas de pensamiento adecuadas para todos los niveles, la extensión de esta experiencia virtualmente no tendría límites. El tipo de juego y las destrezas de pensamiento adecuadas se deben seleccionar adaptados a cada nivel y edad, y complementarse con la formación en el conocimiento didáctico del contenido idóneo para aplicarlos en el aula. En particular, una original innovación sería extenderla a la educación temprana, cuando el pensamiento despunta, y que obliga a seleccionar destrezas elementales (seguir reglas, plantear preguntas, buscar respuestas), vías creativas (imaginar hipótesis) e iniciar argumentaciones elementales (VÁZQUEZ-ALONSO, 2017).

CONCLUSIONES

Como vía alternativa a la formación científica tradicional, que ignora los contenidos de CE/NdC, este estudio ha diseñado un recurso didáctico de juego serio de cubos que satisface las condiciones básicas de la literatura: contenido explícito (aspecto epistemológico básico ¿Cómo sabemos lo que sabemos?), reflexivo (pensamiento científico argumentación y modelización) y cooperativo (construcción social del conocimiento). El objetivo es demostrar el desarrollo profesional de los docentes de primaria para enseñar contenidos CE/NdC, a través de la elaboración de la planificación y ejecución de las lecciones, la evaluación positiva de su experiencia docente y la apreciación de los méritos didácticos del juego y su flexibilidad para adaptarse a diferentes temas, intereses, necesidades y edad de los estudiantes. Además, se logra otro objetivo como parte del anterior: el desarrollo de la motivación y el interés de los estudiantes para aprender CE/NdC jugando, a través del desarrollo del pensamiento razonado y reflexivo exigido por esos temas (ABD-EL-KHALICK; AKERSON, 2009).

La experiencia con los dados es deliberadamente sencilla para superar reticencias y concitar disposiciones positivas sobre estos temas epistémicos innovadores y complejos. Los profesores han desarrollado una formación equilibrada y tranquila, mejorando de manera asequible, gradual y sostenible su desarrollo profesional sobre cuestiones epistémicas, a través de nueva experiencia, actual o futura, con juegos (o actividades) progresivamente menos simples. De hecho, los profesores mostraron satisfacción y ánimo, y decidieron continuar en el futuro enseñando con nuevos juegos y profundizar el conocimiento didáctico del contenido sobre temas epistémicos, de acuerdo con las propuestas de la literatura (ACEVEDO-DÍAZ; GARCÍA-CARMONA, 2016; VÁZQUEZ-ALONSO, 2017).

El juego de cubos también promueve en estudiantes y docentes el desarrollo explícito de habilidades transversales, que forman parte de las competencias educativas, en este caso, las destrezas propias del pensamiento científico, tales como hacer (y responder) preguntas, buscar datos, identificar regularidades y patrones, tomar decisiones, crear hipótesis, predecir conclusiones, compartir ideas, argumentar con base en pruebas, discutir resultados y comunicar conclusiones, claves para la alfabetización científica competente. La ludificación logra este objetivo de reflexionar porque permite centrarse en el pensamiento y evitar las máscaras o distractores que frecuentemente confunden a estudiantes y maestros en los juegos digitales (CLARK et al., 2016).

En el ámbito afectivo, la experiencia la ludificación de la enseñanza de CE/NdC logra disposiciones y actitudes favorables en profesores y estudiantes, en la forma de sentimientos de confianza, motivación

y satisfacción. Estos aspectos afectivos constituyen logros valiosos porque contribuyen positiva y significativamente al desarrollo profesional docente y al aprendizaje de los estudiantes en un contexto educativo (primaria) más relegado en esta línea alfabetizadora (NGSS LEAD STATES, 2013; VÁZQUEZ-ALONSO; MANASSERO-MAS, 2018). En suma, el juego de dados demuestra su capacidad para alcanzar objetivos cualitativos importantes sobre CE/NdC como la mejora del desarrollo profesional de los docentes y el aprendizaje y la participación activa y reflexiva de los estudiantes.

REFERENCIAS

- ABD-EL-KHALICK, F.; AKERSON, V. The influence of metacognitive training on preservice elementary teachers' conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, v. 31, p. 2161-2184, 2009.
- ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; GARCÍA-CARMONA, A. «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 13, p. 3-19, 2016. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc
- AKERSON, V. L., CARTER, I., PONGSANON, K.; NARGUND-JOSHI, V. Teaching and learning nature of science in elementary classrooms. Research-based strategies for practical implementation. *Science & Education*, v. 28, p. 391-411, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00045-1>
- VÁZQUEZ-ALONSO, Á. (Ed.) *Investigación-acción y enseñanza de temas de naturaleza de la ciencia*. Saarbrücken: Editorial Académica Española, 2017.
- VÁZQUEZ-ALONSO, Á.; MANASSERO-MAS, M. A. Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, p. 309-336, 2018.
- MANASSERO-MAS, M.A.; VÁZQUEZ-ALONSO, A. Conceptualización y taxonomía para estructurar los conocimientos acerca de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 16, 3104, 2019.
- CLARK, D. B., TANNER-SMITH, E. E.; KILLINGSWORTH, S. S. Digital Games, Design, and Learning: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, v. 86, p. 79-122, 2016. <https://doi.org/10.3102/0034654315582065>
- COFRÉ, H., NUÑEZ, P., SANTIBÁÑEZ, D., PAVEZ, J. M., VALENCIA, M.; VERGARA, C. A critical review of students' and teachers' understandings of nature of science. *Science & Education*, v. 28, p. 205-248, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00051-3>
- DAGHER, Z. R.; ERDURAN, S. Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. *Science & Education*, v. 25, p. 147-164, 2016.
- EISENKRAFT, A. Expanding the 5E Model. *The Science Teacher*, v.70, p. 56-59, 2003.
- GARCÍA-CARMONA, A. Improving pre-service elementary teachers' understanding of the nature of science through an analysis of the historical case of Rosalind Franklin and the structure of DNA. *Research in Science Education*, 2018.
- GEE, J. P. Discourse analysis of games. In: R. H. JONES; A. CHIK; C. A. HAFNER (Eds.), *Doing discourse analysis in the digital age*. New York: Routledge, p. 18-27, 2015.
- HASSINGER-DAS, B., TOUB, T. S., ZOSH, J. M., MICHNICK, J., GOLINKOFF, R.; HIRSH-PASEK, K. More than just fun: a place for games in playful learning. *Infancia y Aprendizaje*, v. 40, p. 191-218, 2017.
- HATTIE, J. *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. New York: Routledge, p. 392, 2009.

HODSON, D.; WONG, S. L. Going Beyond the Consensus View: Broadening and Enriching the Scope of NOS-Oriented Curricula. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v. 17, p. 3-17, 2017.

LEDERMAN, N. G.; LEDERMAN, J. S. Teaching and learning nature of scientific knowledge: Is it Déjà vu all over again? **Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research**, v. 1, p. 6, 2019.

LI, M-C.; TSAI, C-C. Game-Based Learning in Science Education: A Review of Relevant Research. **Journal of Science Education and Technology**, v. 22, p. 877-898, 2013.

MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Science & Education**, v. 17, p. 249–263, 2008.

MCDONALD, C.V.; MCROBBIE, C.J. Utilising Argumentation to Teach Nature of Science. In: B.J. FRASER; K.G. TOBIN; C.J. MCROBBIE (Eds.), **Second International Handbook of Science Education**. Dordrecht: Springer, p. 969-986, 2012.

MCGONIGAL, J. **Reality is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World**. New York: Penguin, p. 396, 2011.

NGSS LEAD STATES **Next Generation Science Standards: For States, By States**. Washington, D.C.: National Academies Press, p. 532, 2013.

SIMONNEAUX, L. From Promoting the Techno-sciences to Activism – A Variety of Objectives Involved in the Teaching of SSIs. In: L. Bencze; S. Alsop (Eds.), **Activist Science and Technology Education**. Dordrecht: Springer, p. 99-112, 2014.

SQUIRE, K. **Video games and learning: Teaching and participatory culture in the digital age**. New York: Teachers College Press, p. 312, 2011.

TAMAYO ALZATE, O. E. Interacciones entre Naturaleza de la Ciencia y Pensamiento Crítico en dominios específicos del conocimiento. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, No. Extra, p. 521-526, 2017.

TORRES, N.; SOLBES, J. Contribuciones de una intervención didáctica usando cuestiones socio-científicas para desarrollar el pensamiento crítico. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, v. 34, p. 43-65, 2016.

WHITEBREAD, D. **The importance of play**. Brussels: Toy Industries of Europe, p. 21, 2012.

WOUTERS, P., VAN NIMWEGEN, C., VAN OOSTENDORP, H.; VAN DER SPEK, E. D. A Meta-Analysis of the Cognitive and Motivational Effects of Serious Games. **Journal of Educational Psychology**, v. 105, p. 249–265, 2013.

MARÍA ANTONIA MANASSERO-MAS: is a Ph.D. Psychology, extraordinary award of Bachelor and Doctorate and Professor of Social Psychology at the University of the Balearic Islands (UIB Spain), where she now serves as Ombudswoman and has served as head of the Open University for the Elderly. Her research focuses on psychosocial processes at work (stress, burnout, emotional work, etc.), health, gender and violence against women, academic performance, and attitudes towards science and technology and their relationships with society, where he has directed and participated over thirty research projects. She is the author of books, book chapters, journal articles, and communications to international congresses and a guest lecturer. She belongs to some scientific associations, to the editorial board of journals and serves as a reviewer and evaluator of articles and scientific research projects for journals and quality research agencies in psychology and education.

E-mail: ma.manassero@uib.es

ANTONI BENNASSAR-ROIG: is PhD in Biology, BS in Biology (Botany) and Professor of the Department of Biology at the University of the Balearic Islands, where he trains primary teachers. He served as High-School teacher and leads the research group Science, technology and society. He authored and coauthored books, book chapters, research articles, communications on plant physiology, ecology, education and science, technology and society.

E-mail: abennassar@uib.cat

ÁNGEL VÁZQUEZ-ALONSO: is a Ph.D. in Philosophy and Education, holds a master degree in Physics and degrees in Chemistry and Education. He has served as a pre-college professor, educational inspector, teacher and researcher at the University of the Balearic Islands (Spain) and director of the Institute of Evaluation of the Balearic Islands. He has researched on pedagogy, didactics, school organization and science education, where he has directed and participated in two dozens of research projects. He authored and co-authored books, book chapters, research articles, communications and invited lectures in congresses. He also serves as a member of editorial boards, as a reviewer for research journals, congresses and international quality research agencies in education, and holds membership in several professional associations.

E-mail: angel.vazquez@uib.es