

Taller de juegos para enseñar y aprender a pensar como científicos en primaria

María-Antonia Manassero-Mas¹

Ángel Vázquez-Alonso²

Resumen: Se presentan cuatro juegos de escape (tangram, cubos, naipes y cajas) para enseñar temas de ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA) y naturaleza de la ciencia y para desarrollar las destrezas del pensamiento científico (PCF) y pensamiento crítico (PCR) propias de la práctica científica a estudiantes de primaria. Los juegos ofrecen una metáfora realista de la práctica científica, adaptada a los estudiantes. El núcleo de los juegos es la validación del conocimiento y el desarrollo de destrezas de PCF_PCR necesarias para ello, en un contexto social de cooperación, participando en juegos asequibles y estimulantes. Los juegos no recurren a la tecnología digital, porque pretenden situar a los estudiantes en los zapatos de las personas científicas con el mayor realismo posible, especialmente, en dos aspectos cruciales de la práctica científica: la argumentación con base en evidencias, sus destrezas de pensamiento asociadas y los aspectos sociales del trabajo colaborativo y competitivo, como hacen los científicos.

Palabras clave: Educación primaria. Formación docente. Juegos serios. Temas CTSA. Pensamiento crítico y científico.

Workshop on games to teach and learn to think like scientists in primary school

Abstract: Four escape games (tangram, cubes, cards and boxes) to teach science-technology-society-environment (STSE) and nature of science topics and to develop scientific thinking (PCF) and critical thinking (PCR) skills, typical of scientific practice, are presented. The games offer a realistic metaphor for scientific practice through, adapted to the students' age. The core of the games is the validation of knowledge and the development of the PCF_PCR skills necessary to this end in a cooperative social context, by participating in affordable and stimulating games. The games do not resort to digital technology, because they aim to place students in the shoes of scientists as realistically as possible, and especially, in two crucial aspects of scientific practice: evidence-based argumentation, its associated thinking skills, and the social aspects of collaborative, as well as competitive work, as scientists do.

Keywords: Primary education. Teacher training. Serious games. STSE issues. Critical and scientific thinking.

Oficina de jogos para ensinar e aprender a pensar como cientistas na escola primária

Resumo: Se propõem quatro jogos de escape (tangram, cubos, cartas e caixas) para ensinar temas de ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (CTSA) e de natureza da

¹ Doctora en Psicología, Catedrática de Universidad, departamento de Psicología, Universidad de las Islas Baleares UIB, Islas Baleares, España. ✉ ma.manassero@uib.es  <https://orcid.org/0000-0002-7804-7779>.

² Doctor en Educación. Investigador, Institut de Recerca i Innovació Educativa IRIE, Universidad de las Islas Baleares UIB, Islas Baleares, España. ✉ angel.vazquez@uib.es  <https://orcid.org/0000-0001-5830-7062>.

ciência e desenvolver habilidades de pensamento científico (PCF) e pensamento crítico (PCR) típicas da prática científica a estudantes da escola primária. Os jogos oferecem uma metáfora realista para a prática científica, adaptada à idade dos alunos. O cerne dos jogos é a validação do conhecimento e o desenvolvimento das competências PCF_PCR necessárias para tal (raciocinar, discutir, colaborar) num contexto social cooperativo, através da participação em jogos acessíveis e estimulantes. Os jogos não recorrem a tecnologia digital, pois visam colocar os alunos no lugar dos cientistas da maneira mais realista possível e, principalmente, em dois aspectos cruciais da prática científica: argumentação baseada em evidências, suas habilidades de pensamento associadas e os aspectos sociais do trabalho colaborativo e competitivo, como fazem os cientistas.

1. Palavras-chave: Educação primária. Treinamento de professor. Jogos sérios. Conhecimento STS. Pensamento crítico e científico.

2. Introducción

La evolución de la didáctica de la ciencia muestra una progresiva renovación de la enseñanza tradicional, centrada en los conocimientos científicos, con sucesivas inserciones de elementos innovadores. Primero, centrados en los procesos de la ciencia, y después, en la enseñanza en contexto o enfoque CTSA, una visión amplia que comprende desde las destrezas epistémicas necesarias para justificar el conocimiento, hasta las relaciones con la sociedad, la comunidad científica y el ambiente. CTSA se identifica hoy también con conceptos específicos cuyo amplio desarrollo les ha conferido importancia y autonomía propias, tales como la naturaleza de la ciencia (NdC) o los temas socio-científicos (PEZARINI e MACIEL, 2018; VÁZQUEZ-ALONSO et al., 2012; VESTERINEN et al., 2014).

En el contexto de este último estadio de innovación, este taller se centra en la NdC, y también en la enseñanza de destrezas de pensamiento crítico, porque están entroncadas directamente con la práctica científica y son un medio para aprender los contenidos CTSA/NdC. Sin embargo, enseñar y aprender esos contenidos es arduo por la demanda meta-cognitiva, porque los profesores no poseen una comprensión adecuada, los contenidos son difíciles para los estudiantes (especialmente en primaria) y los recursos educativos eficaces son escasos. Los juegos serios son una alternativa a estas dificultades porque se muestran más efectivos que la instrucción convencional para aprender (VÁZQUEZ e MANASSERO, 2016; 2017a).

Esta innovación educativa de juegos serios se dirige a desarrollar las destrezas del pensamiento crítico y científico (PCF_PCR) en los estudiantes (y sus docentes) mediante actividades lúdicas, que permiten plantear el logro de objetivos valiosos para la investigación didáctica en CTSA/NdC: promover una imagen de la ciencia más

atractiva, emocionante, funcional, realista y neutral respecto al género, que promueve la alfabetización científica para todos y estimula las vocaciones científicas. Además, las destrezas de pensamiento son transversales a todos los aprendizajes y resultan útiles para la vida personal y social, por lo que esta innovación del taller también está preparando a los estudiantes como ciudadanos críticos para afrontar otros retos actuales de la vida personal, laboral o social, tales como el impacto mediático de las pseudo-ciencias y de las informaciones falsas propagadas por redes sociales y las tecnologías digitales (MANASSERO e VÁZQUEZ, 2019a).

3. Contextualización teórica

La estructura del taller es transdisciplinar, porque integra componentes procedentes de diferentes campos de la investigación, tales como la educación CTSA, que es constitutivamente interdisciplinar (ciencia, tecnología, filosofía, sociología, historia, etc.), la psicología cognitiva y las destrezas de PCF_PCR, la investigación educativa de juegos serios (juegos cuyo objetivo es aprender, y no solo divertirse) y la didáctica general. Esta contextualización desarrolla brevemente las aportaciones al taller de juegos de cada una de estas áreas.

Figura 1. Conceptualización de ciencia-tecnología-sociedad y naturaleza de la ciencia junto con algunas destrezas típicas de la práctica científica.



Fuente: Datos de investigación de los autores.

3.1. Ciencia-tecnología-sociedad y naturaleza de la ciencia

El primer componente del taller proviene de la didáctica de la ciencia, y más específicamente, del contenido y enfoque CTSA, muy centrado en temas de naturaleza de la ciencia (NdC). Los contenidos CTSA/NdC son conocimientos acerca de la ciencia y sus relaciones con la sociedad, cuya importancia deriva de que son un

componente esencial de la alfabetización en ciencia y tecnología para todos, y están formados por un conjunto de metaconocimientos complejos, multifacéticos, interdisciplinares, evolutivos y cambiantes que la práctica científica usa para construir y validar el conocimiento científico e intervenir en la sociedad (figura 1).

La conceptualización de Manassero y Vázquez (2019b) estructura esos conocimientos en dos dimensiones (cognitiva-epistemológica y social-institucional) y cada dimensión, a su vez, contiene múltiples categorías y temas específicos (por ejemplo, el conocimiento científico es provisional, cambia).

La dimensión cognitiva-epistemológica expresa los rasgos, principios y normas de la práctica científica, que se aplican habitualmente para justificar la validez de los conocimientos (¿qué sabemos?), así como las razones que permiten elegir unos conocimientos como más válidos frente a otros (¿Cómo sabemos lo que sabemos?), y que afectan a todos los ámbitos y procesos científicos: observación (clasificaciones, tecnología), experimentación (hipótesis, teorías y leyes), argumentación (modelos), resolución de problemas (provisionalidad) y toma de decisiones (estatus, paradigmas y cierre de controversias).

La dimensión social refleja las actividades y normas de la comunidad de personas e instituciones que trabajan cooperativa y competitivamente para indagar y explicar el mundo natural (sociología interna) y el impacto e interacción con la sociedad o sociología externa de la ciencia (tabla 1).

Tabla 1. Taxonomía por dimensiones, temas y subtemas de ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA).

TEMAS	SUBTEMAS	
DEFINICIONES		
<u>Ciencia y Tecnología</u>	01. Ciencia	03. Interdependencia
	02. Tecnología	...
EPISTEMOLOGÍA		
<u>Naturaleza del conocimiento científico</u>	01. Observaciones	07. Precisión e incertidumbre
	02. Modelos científicos	08. Razonamiento lógico
	03. Esquemas de clasificación	09. Supuestos de la ciencia
	04. Provisionalidad	10. Estatus epistemológico
	05. Hipótesis, teorías y leyes	11. Paradigmas coherencia de conceptos
	06. Investigaciones	...

SOCIOLOGÍA EXTERNA DE LA CIENCIA		
<u>Influencia de la Sociedad sobre la Ciencia / Tecnología</u>	01. Gobierno	05. Instituciones educativas
	02. Industria	06. Grupos de interés especial
	03. Ejército	07. Influencia sobre científicos
	04. Ética	08. Influencia general
<u>Influencia triádica</u>	01. Interacción CTS	
<u>Influencia de Ciencia / Tecnología sobre la Sociedad</u>	01. Responsabilidad social	05. Bienestar económico
	02. Decisiones sociales	06. Contribución al poderío militar
	03. Problemas sociales	07. Contribución al pensamiento social
	04. Resolución de problemas	08. Influencia general
<u>Influencia de la ciencia escolar sobre la Sociedad</u>	01. Las dos culturas	03. Caracterización escolar de la ciencia
	02. Fortalecimiento social	...
SOCIOLOGÍA INTERNA DE LA CIENCIA		
<u>Características de los científicos</u>	01. Motivaciones	04. Capacidades
	02. Valores y estándares	05. Efectos de género
	03. Creencias	06. Infrarrepresentación de las mujeres
<u>Construcción social del conocimiento científico</u>	01. Colectivización	05. Interacciones sociales
	02. Decisiones científicas	06. Influencia de individuos
	03. Comunicación profesional	07. Influencia nacional
	04. Competencia profesional	08. Ciencia pública y privada
<u>Construcción social de la Tecnología</u>	01. Decisiones tecnológicas	02. Autonomía de la tecnología

Fuente: Datos de investigación de los autores.

3.2. Las destrezas de pensamiento

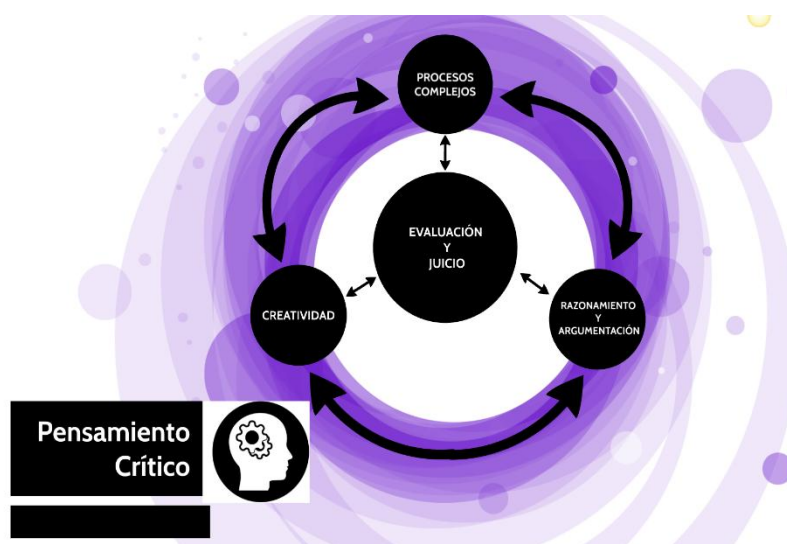
El segundo constructo del taller, el PCR, proviene de la psicología cognitiva y la investigación sobre las destrezas cognitivas de pensamiento de orden superior.

La Unión Europea ha definido las destrezas de PCR como transversales al aprendizaje y a las competencias clave, de modo que desarrollar el pensamiento pone las bases para aprender y lograr las competencias clave.

Para sintetizar la multitud de aportaciones de la investigación sobre PCR, que contribuyen a enriquecer el concepto, pero también a complejizarlo, Manassero y Vázquez (2019a) han elaborado una taxonomía del PCR, basada en un análisis empírico de la literatura y tests de PCR, para ayudar a los educadores en su

comprensión amplia, profunda y detallada (figura 2).

Figura 2. Las cuatro dimensiones del modelo de Pensamiento Crítico de los autores.



Fuente: Datos de investigación de los autores.

El modelo propone cuatro grandes dimensiones de PCR: razonamiento y argumentación (para justificar conclusiones), creatividad (para generar ideas y conclusiones), destrezas complejas (resolución de problemas y toma de decisiones) y evaluación y juicio (reflexión sobre la validez del pensamiento). Cada una de estas dimensiones, a su vez, se desarrolla en categorías y destrezas de PCR que son habitualmente citadas en la literatura y forman parte de las escalas que componen los tests de PCR (tabla 2).

Tabla 2. Taxonomía de síntesis empírica del Pensamiento Crítico.

DIMENSIONES	CATEGORÍAS	DESTREZAS
RAZONAMIENTO Y ARGUMENTACIÓN (justificar conclusiones)	Lógico (deductivo) Empírico (explicar con datos, información, pruebas) Estadístico (probabilístico) Falacias y Errores	Silogismos, lógica formal Inducción (predicciones, implicaciones, conclusiones) Argumentación (abductivo)
CREATIVIDAD (generar ideas, conclusiones)	Observación Análisis Plantear preguntas	Comparación, clasificación Partes-todo, analogías, modelos
DESTREZAS COMPLEJAS	Resolución de Problemas Toma de Decisiones	

EVALUACIÓN JUICIO	Y	Acciones	Soluciones, decisiones
		Estándares Intelectuales	Precisión, Relevancia Claridad, ...
		Comunicación	Clarificación de significados
		Razonamientos	
		Reflexión	
		Credibilidad de fuentes	
		Identificar Supuestos	
		Meta-cognición	Autorregulación y autorreflexión
			Actitudes y afectos (disposiciones)

Fuente: Datos de investigación de los autores.

3.3. La relación entre pensamiento crítico y pensamiento científico

La evidente semejanza e identidad constitutiva entre PCF y PCR es clave para unir ciencia, psicología y educación, y justifica el desarrollo de este taller en una línea didáctica centrada en la promoción del pensamiento (VÁZQUEZ e MANASSERO, 2018). La tabla 3 presenta la correspondencia específica entre las destrezas de PCR y los aspectos globales del PCF, aunque resulta obvio que muchas destrezas de PCR son citadas por su nombre en el ámbito científico, como, por ejemplo, creatividad, análisis, inducción, argumentación, etc. La principal consecuencia de esta relación entre ambos tipos de pensamientos es que las destrezas de PCF, aprendidas en la enseñanza de la ciencia, contribuyen al desarrollo de las destrezas de PCR, y viceversa, el aprendizaje de destrezas de PCR contribuye a la mejora de las destrezas de PCF y al aprendizaje significativo de la ciencia, especialmente de temas CTSA/NdC.

Tabla 3. Destrezas comunes y relaciones entre pensamiento crítico (PCR) y pensamiento científico (PCF).

Pensamiento crítico (DIMENSIONES / Categorías)	Pensamiento científico (Aspectos)
CREATIVIDAD	
Hacer buenas preguntas	Hipótesis (creación y verificación)
Observación	Actitudes y valores
Análisis y síntesis	Observación
	Categorización
	Reconocimiento de patrones
	Control de variables
	Modelos (metáforas y analogías)
RAZONAMIENTO	
Lógico	Control de variables
Empírico	Coordinación de explicaciones y pruebas

• Inducción	Control de variables Coordinación de explicaciones y pruebas
• Argumentación	Control de variables Coordinación de explicaciones y pruebas Hipótesis (creación y verificación)
• Estadísticas	Control de variables Coordinación de explicaciones y pruebas
Falacias y errores	Control de variables
PROCESOS COMPLEJOS	
Toma de decisiones	Modelos (metáforas y analogías)
Resolución de problemas	Coordinación de explicaciones y pruebas Elaboración de información y materiales
EVALUACIÓN Y JUICIO	
Razonamiento	Coordinación de explicaciones y pruebas Información y comunicación
Acciones	Información y comunicación
Credibilidad de las fuentes	Elaboración de información y materiales
Identificar supuestos	Actitudes y valores
Estándares	Actitudes y valores
Comunicación	Elaboración de información y materiales Información y comunicación
Meta-cognición	
• Autorregulación y autorreflexión	Información y comunicación Actitudes y valores
• Actitudes y afectos	Actitudes y valores

Fuente: Datos de investigación de los autores.

Además, alguna literatura de investigación didáctica concluye que el dominio de las destrezas de PCR por los estudiantes es un factor clave para que aprendan significativamente sobre temas CTSA/NdC. En suma, todas las destrezas de pensamiento, se llamen críticas o se llamen científicas son importantes para aprender (MANASSERO y VÁZQUEZ, 2020).

3.4. Juegos y educación

El tercer componente del taller procede de la gamificación, una línea didáctica hoy en auge gracias al desarrollo alcanzado por los juegos digitales, aunque los juegos de este taller no adoptan un formato digital, porque este no favorece el aprendizaje de los esenciales aspectos sociales de la ciencia, que requieren interacción presencial.

El uso de juegos como recurso de aprendizaje para temas CTSA/NdC se justifica porque la mayoría de los centros de educación primaria carecen actualmente de las instalaciones (laboratorios) y del material científico mínimo para enseñar métodos y procesos de la ciencia a través de las tradicionales actividades de laboratorio apropiadas a la edad; también se justifica porque el laboratorio se ha

mostrado empíricamente ineficaz para lograr esos aprendizajes.

Además, los juegos serios propuestos aquí actúan como sustitutivos del laboratorio escolar y como catalizadores e innovadores explícitos del desarrollo de las destrezas de PCF_PCR, de modo que son un recurso alternativo para los aprendizajes de la alfabetización científica con enfoque CTSA y también los aprendizajes de la educación general. Asimismo, la diversión incluida en la naturaleza de los juegos despierta de forma natural atracción, motivación, interés, implicación y emoción en los estudiantes, de modo que ofrecen una imagen atractiva i asequible de la práctica científica, de modo que la vocación científica se puede inducir como un efecto natural y agradable en los estudiantes (VÁZQUEZ e MANASSERO, 2017).

Para desarrollar las destrezas de PCF_PCR los juegos comparten la siguiente perspectiva epistemológica básica, aunque varía su grado de complejidad. La práctica científica se ve enfrentada con frecuencia a estudiar objetos del mundo natural de los que suele tenerse una información limitada y parcial, sobre la cual, se deben construir hipótesis y proponer explicaciones y teorías falibles, basadas en la evidencia limitada y el razonamiento. Además, todos los juegos se inician con una pregunta, la cual constituye, a la vez, el reto del juego, como ocurre también en la práctica científica, cuyo objetivo es plantearse retos, bien sea respondiendo preguntas, o bien resolviendo problemas sobre la naturaleza.

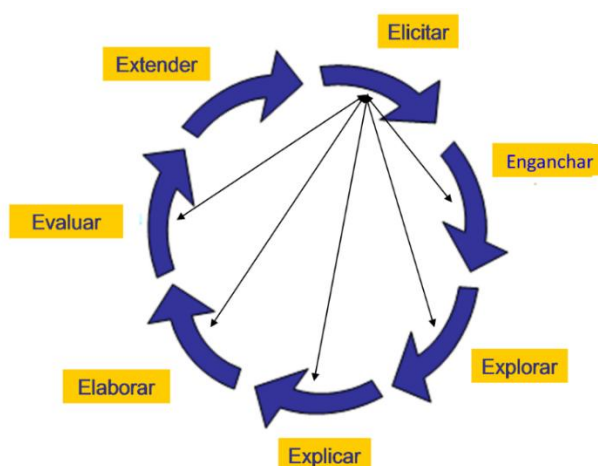
3.5. Didáctica de la ciencia con enfoque CTSA/NdC

El futuro del aprendizaje para los estudiantes del siglo XXI se basa en una experiencia de aprendizaje profunda, centrada en el estudiante, y que conecta a los estudiantes con el entorno del mundo real, aprendiendo en un contexto atractivo y eficaz. El aprendizaje por actividades de juego es experiencial, pues utiliza experiencias reales de juego como base de la instrucción, que hacen el aprendizaje agradable y efectivo. Asimismo, conectan el aprendizaje con el contexto del mundo real, en este caso, la práctica científica, cuyos atributos centrales son la reflexión y la acción. Además, presentan componentes de aprendizaje cooperativo grupal, aprendizaje servicio y aprendizaje basado en retos, típico de los llamados juegos de escape, que lo aproxima al aprendizaje basado en problemas o en investigación y al abordaje cooperativo de todos.

Este aprendizaje experiencial por juegos se identifica con el marco actual

denominado diseño universal de aprendizaje (DUA), que plantea el aprendizaje como un proceso de generación de conocimiento vinculado a cuatro modos de aprendizaje interconectados, dos modos de captar la experiencia (experiencia concreta y conceptualización abstracta) y dos modos de transformación (observación y experimentación reflexivas y activas). El DUA propone un ciclo de aprendizaje articulado por cuatro actividades: experimentar (real), reflexionar (sobre la experiencia y la comprensión y el proceso global), conceptualizar lo aprendido y actuar (aplicando lo aprendido). La didáctica de la enseñanza de temas CTSA/NdC con los juegos basados en el pensamiento satisfacen ampliamente los modos de aprendizaje y actividades del DUA.

Figura 3. Modelo didáctico de las 7E aplicado al diseño de las secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA) de los juegos.



Fuente: Datos de investigación de los autores.

El conocido modelo didáctico de las 7E (figura 3) se emplea como estructura básica del diseño de las secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA) del taller de juegos. Las SEA son documentos de planificación didáctica, dirigidos a orientar al profesorado que aplica los juegos en el aula, que son coherentes con el DUA y sintetizan los principios didácticos anteriores,

Finalmente, los estándares de aprendizaje de los contenidos CTSA/NdC aplicados en la SEA para el profesorado y en las guías de las actividades de los juegos, para orientar la actividad de los estudiantes, coinciden con los estándares de los currículos escolares (VÁZQUEZ e MANASSERO, 2017b). La metodología didáctica para ellos se ajusta a las recomendaciones de la investigación didáctica CTSA/NdC: presentación explícita de los contenidos y reflexión sobre los resultados.

Estos estándares son los siguientes:

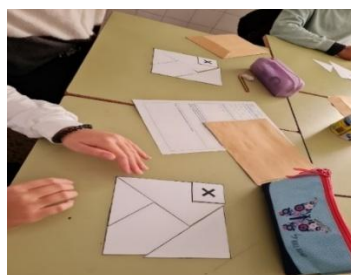
- Identificar problemas que pueden ser respondidos a través de la investigación.
- Diseñar y llevar a cabo investigaciones científicas.
- Recoger, analizar e interpretar datos con herramientas y técnicas apropiadas.
- Crear descripciones, interpretaciones, hipótesis, predicciones y modelos usando la evidencia.
- Pensar crítica y lógicamente para coordinar la evidencia y las explicaciones.
- Reconocer y analizar explicaciones y predicciones alternativas.
- Comunicar los procedimientos científicos, las explicaciones y las conclusiones.

4. Instrumentos: los juegos epistémicos para enseñar CTSA/NdC

Atendiendo a los contextos desarrollados anteriormente, los autores desarrollaron una investigación para buscar los juegos más apropiados para enseñar CTSA/NdC descrita en otro lugar (VÁZQUEZ e MANASSERO, 2017a), cuyos resultados permiten presentar cuatro tipos de juegos para este taller: rompecabezas, dados, cajas negras y juegos de naipes.

Juego de rompecabezas. El propósito es conseguir que los estudiantes reflexionen sobre un aspecto de la naturaleza de la ciencia: el conocimiento científico es dinámico y cambia a medida que nuestra información del mundo aumenta (provisionalidad y falibilidad del conocimiento). Pregunta-reto del juego ¿puedes formar un cuadrado con las piezas?

Figura 4. Estudiantes trabajando con el tangram con la guía de trabajo sobre la mesa.



Fuente: Datos de investigación de los autores.

Propósito: conseguir que los estudiantes reflexionen sobre un aspecto CTSA/NdC: la ciencia: la ciencia es dinámica y cambia a medida que nuestro conocimiento del mundo aumenta (provisionalidad y falibilidad).

Actividad: los estudiantes componen un rompecabezas con forma de cuadrado.

Reto: cuando lo tienen compuesto, se aporta una nueva pieza adicional y los estudiantes son desafiados de nuevo a componerlo incluyendo la nueva pieza para conseguir también un cuadrado.

Esta actividad emula de una manera sencilla el cambio en la ciencia: la elaboración de una primera teoría científica sobre un hecho (primer rompecabezas); después, se descubre un nuevo hecho (la nueva pieza) que debe ser tenido en cuenta para reelaborar la teoría. Se elabora una nueva segunda explicación y teoría, más amplia, que incluya también este hecho nuevo (simbolizada en el nuevo cuadrado construido, que incluye la nueva pieza).

Juegos de cubos o dados. Estos juegos explicitan que la ciencia se distingue de otras formas de conocimiento a través del uso de exigentes estándares empíricos de observación, argumentos lógicos basados en las evidencias y escepticismo organizado; en la práctica científica se compite por lograr la mejor explicación posible sobre los hechos observados del mundo natural. Pregunta-reto del juego ¿Qué hay en la cara oculta del dado? (MANASSERO et al., 2021a).

Figura 5. Estudiantes cooperando para descubrir el contenido de la cara oculta del dado numérico con la guía.



Fuente: Datos de investigación de los autores.

Propósito: explicitar y practicar que la ciencia se distingue de otras formas y otros cuerpos de conocimiento por: el uso de estándares empíricos de observación,

argumentos lógicos basados en las evidencias y escepticismo organizado.

Práctica científica: se compete por lograr la mejor explicación posible sobre los hechos observados del mundo natural.

Reto: un dado (cubo de 6 caras) para involucrar a los estudiantes en responder el reto ¿qué hay en la cara oculta del dado?

Actividad: Con base en observaciones detalladas y minuciosas del contenido de las cinco caras visibles del dado y argumentando sobre las evidencias obtenidas de las observaciones, los estudiantes deben crear y discutir cooperativamente hipótesis que conduzcan a una explicación justificada de la decisión sobre el reto: predecir el contenido de la cara oculta del dado.

Juegos de naipes. El juego de naipes simula el perenne objetivo legal de la ciencia: descubrimiento, codificación y validación de las leyes naturales. Los estudiantes participan en un juego de cartas muy especial para hacer observaciones de las cartas jugadas y planificar y realizar cualquier hipótesis confirmatoria o falsadora de la ley que creen percibir en las cartas visibles, hasta que descubren la ley. Pregunta-reto del juego ¿Cuál es la ley que siguen las cartas? (MANASSERO e VÁZQUEZ, 2023).

Figura 6. Estudiantes jugando a descubrir la ley oculta en las cartas con la guía del juego sobre la mesa.



Fuente: Datos de investigación de los autores.

Propósito: descubrimiento de una ley.

Roles: unos estudiantes asumen el papel de un equipo científico, que busca descubrir una ley - al nivel propio de su edad - frente a la naturaleza (otros estudiantes), que juega cartas ajustadas a la ley, aunque la información es fragmentaria.

Práctica: participan en un juego de cartas muy especial para hacer observaciones de las cartas visibles y planificar y crear hipótesis confirmatorias o falsadoras de la ley que creen percibir en las cartas que se van jugando.

Reto: ¿cuál es la ley oculta en las cartas que juega la naturaleza?

Actividad: los estudiantes compiten para ganar el juego (como lo hacen los científicos por la primacía de los descubrimientos), descubriendo la ley oculta.

En cada juego, los estudiantes participantes tratan de ser los primeros en descubrir la ley oculta en la serie de cartas que van apareciendo a medida que se desarrolla el juego, y que emula la competencia entre científicos por ser los primeros en lograr el descubrimiento de la ley oculta (reto del juego).

Objetivo: el objetivo final es ganar el juego, pero el intermedio y más importante es proporcionar oportunidades a todos los estudiantes de practicar las normas y los procesos de la ciencia: crear hipótesis, argumentos, datos y modelos, y estimular el pensamiento creativo para la toma de decisiones y la resolución del problema, en un contexto de información fragmentaria y permanentemente cambiante a cada jugada. La analogía del juego, para ganar, obliga a trabajar diferentes destrezas propias de las prácticas científicas: observación, manipulación, argumentación, planificación, reflexión y cooperación.

Juegos de cajas negras. Los juegos de cajas negras emulan la práctica científica con la mayor amplitud, ya que afrontan la construcción y validación de nuevos conocimientos desde una perspectiva empírica y ponen en juego todas las destrezas de PCF_PCR. Pregunta-reto ¿qué hay dentro de la caja? (MANASSERO et al., 2021b).

Figura 7. Una realización de la caja misteriosa llena de objetos.



Fuente: Datos de investigación de los autores.

Propósito: emular la práctica científica con amplitud, ya que el juego afronta la construcción y validación de nuevos conocimientos desde una perspectiva empírica.

Reto: Los estudiantes reciben una caja negra cerrada que contiene dentro objetos de diverso tipo y se pide que respondan al reto ¿cuál es el contenido de la caja? o ¿qué hay dentro de la caja? y más preguntas en cada etapa.

Actividad: proyecto global de experimentación dónde, además, realizan medidas y clasificación de objetos.

Rol: En este juego el grupo de estudiantes asume el papel de un equipo científico, que busca conocimientos y practica las normas y procesos de la ciencia en varias actividades que se desarrollan en etapas sucesivas. En una primera etapa los estudiantes manipulan una caja cerrada (negra), para hacer observaciones con sus sentidos (oído, olfato, tacto) y pueden planificar y realizar cualquier experimento que puedan imaginar, pero sin romper o abrir la caja (inicialmente), hacen sus primeras hipótesis y responden las primeras preguntas. En la segunda etapa el docente abre un agujero mínimo en la caja y los estudiantes repiten las actividades de la etapa anterior. En la tercera etapa se abre la caja y los estudiantes confirman y desmienten las hipótesis previas y reflexionan sobre ello; finalmente, clasifican y miden los objetos de la caja.

Objetivo: el juego emula diferentes componentes básicos de la práctica científica, tales como observación, argumentación, planificación, reflexión, cooperación y manipulación empírica. Lo importante no es solo acertar el contenido de la caja, sino proporcionar oportunidades a los estudiantes para construir sus propios argumentos, hipótesis, datos y modelos, y estimular la toma de decisiones razonada y el pensamiento creativo de los estudiantes.

Tabla 4. Resumen de los materiales empleados en cada juego.

Juego / Reto	Temas de Naturaleza de la Ciencia				
	Materiales	Recursos Lecturas	Didácticos	Específicos	Trasversales
Rompecabezas (tangram)					Coordinación datos-evidencia por argumentación
Componer un cuadrado con 4 y 5 piezas	5 piezas del tangram	¿De dónde proceden los seres vivos?	Guía organizadora SEA*	Provisionalidad y falibilidad Cambio de paradigma	
Cubos o dados					Compartir contenidos y argumentos con otros
¿Qué hay en la cara oculta del cubo?	Cubos para tarjetas insertables	Un nuevo planeta	Guía organizadora SEA*	Construcción de conocimiento Explicación científica	

	(o cubos de papel)				Practicar / participar en debates
Cajas negras o misteriosas					Cooperar para afrontar ideas y conceptos Desarrollar actitudes y disposiciones científicas (curiosidad, apertura, escepticismo...)
¿Qué hay dentro de la caja?	Caja cerrada llena de objetos variados	Clasificación de los seres vivos Abriendo la caja misteriosa de la materia	Guía organizadora SEA*	Crear hipótesis Observar Razonar Argumentar con pruebas Hacer predicciones Argumentar para convencer a otros Investigación científica (medir, clasificar, diseñar comprobar...)	
Cartas o naipes					
¿Qué ley que siguen las cartas?	Mazos de cartas	Una ley para la navegación	Guía organizadora SEA*	Crear hipótesis con base en observación y razonamiento Argumentar con pruebas Hacer predicciones Argumentar para convencer a otros	

*SEA: Secuencia de enseñanza aprendizaje.

Fuente: Datos de investigación de los autores.

La tabla 4 justifica de manera concreta y evidente como el proyecto de juegos en su conjunto, y cada juego, en particular, se ajustan al modelo de aprendizaje experiencial y al diseño universal de aprendizaje (DUA), poniendo de manifiesto la vinculación del aprendizaje con distintas actividades (experimentar, reflexionar, conceptualizar y actuar) interconectadas de captar y de transformar de la experiencia.

5. Instrumentos didácticos

Las herramientas de esta innovación basada en juegos para enseñar a pensar sobre NdC son, por un lado, los materiales necesarios para jugar cada juego (por ejemplo, mazos de cartas), y por otro lado, los recursos didácticos para la enseñanza (tabla 4) y los instrumentos para la investigación de su impacto en el aprendizaje.

Los recursos didácticos de esta experiencia innovadora son las guías organizadoras de los estudiantes, la lectura de un caso histórico de la ciencia y la SEA. El profesorado recibe estos materiales de cada juego recibido por para ser organizados y adaptados flexiblemente a sus aulas en la aplicación de los juegos.

Las guías organizadoras de los juegos son fichas que ayudan a los estudiantes a fijar sus pensamientos por escrito, para lo cual deben completarlas al realizar las

actividades de cada juego. Su diseño está preparado para ayudar a los estudiantes a desarrollar las destrezas de PCC y creativo (observaciones, argumentaciones, hipótesis, predicciones, razonamientos, etc.), codificarlas por escrito sobre la guía y reflexionar posteriormente sobre ellas.

Figura 8. Guía organizadora del juego de cartas con cuatro jugadas y la ley final descubierta (“dos menos”).

Guías organizadoras para juegos

Guía para juegos de cartas

Participante (s): Carlota, Emanuel y Lucas

	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5	Paso 6	Paso 7	Paso 8
Carta que pongo (color, Número, palo)	Color rojo Número 8 Palo de espadas	Color rojo Número 10 Palo de picas	Color negro Número 6 Palo de tréboles	Color rojo Número 7 Palo de corazones	Color Número Palo	Color Número Palo	Color Número Palo	Color Número Palo
Carta que sale	Color negro Número 4 Palo de tréboles	Color negro Número 8 Palo de tréboles	Color negro Número 12 Palo de tréboles	Color negro Número 5 Palo de tréboles	Color Número Palo	Color Número Palo	Color Número Palo	Color Número Palo
Hipótesis sobre ley								
Predicción: carta que saldrá								
Acierto o error de la predicción								
Posibilidad/alternativa diferente a la predicha								
Razón para descartar la hipótesis o alternativas								
Razón para aceptar la hipótesis o alternativas								
Propongo la ley siguiente								
Acierto o error de la predicción								
Ley final: <u>Acertado Dos menos</u>								
Observaciones: <u>Acertado</u>								

Fuente: Datos de investigación de los autores.

La SEA es una planificación didáctica inicial que recibe el profesorado, quien debe adaptarla flexiblemente a las necesidades y habilidades de sus estudiantes específicos, aplicando el diseño universal de aprendizaje (DUA) y adaptando las actividades y el material del juego al nivel cognitivo de sus estudiantes (VÁZQUEZ e MANASSERO, 2017a).

Las lecturas son casos históricos de la ciencia seleccionados para ayudar a los estudiantes a conectar las actividades en cada juego con los conceptos científicos análogos de la historia de la ciencia y del currículo, para consolidar el aprendizaje. Cada lectura plantea un caso histórico de forma breve y simple, resaltando las argumentaciones a favor y en contra de las controversias planteadas en cada caso. Se recomienda al profesorado complementar cada párrafo de la lectura con preguntas de comprensión y ejemplos que ayuden a los estudiantes a pensar para conectar los conceptos y argumentos científicos de la lectura con los practicados en los juegos y el currículo escolar, ya que esta conexión consolida el aprendizaje.

6. Procedimientos

La mayoría de los procedimientos de los juegos ya están descritos brevemente

en la presentación de cada juego. Aquí se añaden algunos detalles complementarios importantes.

La analogía del juego con la práctica científica obliga a los estudiantes a practicar diferentes destrezas propias de las prácticas científicas. Por un lado las destrezas científicas, observación, argumentación, planificación, reflexión, cooperación y manipulación. Por otro lado, en cada juego, los estudiantes participantes tratan de ganar, a medida que se desarrolla el juego, un rasgo que emula la competencia entre científicos, por lograr la primacía en los descubrimientos y que dispara también otros aspectos sociales importantes para aprender y pensar (cooperar, convencer, discutir, escuchar, preguntar, etc.).

Al final de los juegos, las lecturas presentan sendos ejemplos sencillos, extraídos de la propia historia de la ciencia, que ilustran el caso que han practicado en cada juego y tienen el objetivo de relacionar los conceptos científicos y rasgos de CTSA/NdC con las actividades practicadas en los juegos, porque esta relación es clave para afianzar los aprendizajes significativos (tabla 4).

Finalmente, cabe añadir que los detalles de los procedimientos finales de aplicación de los juegos en el aula son decisiones que debe tomar cada docente, en función de la adaptación de la SEA de cada juego recibida por el docente y del tipo de estudiantes a quienes va dirigida.

7. Resultados

La evaluación del impacto de los juegos se obtiene del análisis de los diferentes instrumentos usados en el aula (cuestionarios, guías, informes, observaciones).

El resultado esperado más general de la realización de los juegos se refiere a la adquisición por los estudiantes de primaria de una alfabetización CTSA que incluye aprendizajes procedimentales, metodológicos, epistémicos y sociales acerca de la NdC: desarrollar las destrezas de PCF_PCR, animar de las vocaciones científicas e impulsar la equidad de género en la ciencia, al dar oportunidades a los estudiantes de experimentar una imagen más emocionante de la ciencia, mediante actividades neutrales respecto al género (razonamiento, discusión y cooperación).

Otros productos tangibles del taller que cabe señalar son las guías de actividades para los estudiantes, donde se documentan sus reflexiones, argumentaciones, decisiones y pensamientos durante la realización de las

actividades. Asimismo, otros productos tangibles las son grabaciones audiovisuales, en especial, los debates y controversias entre grupos durante las puestas en común de los resultados en cada grupo clase, que visualizan las destrezas de PCF_PCR puestas en juego para llegar a una resolución del problema o toma de decisiones sobre el reto planteado en cada juego.

Los estudiantes son capaces de crear hipótesis reflexivas y detalladas sobre la base de observaciones y razonamientos, argumentar con base en pruebas sobre la coordinación datos-explicaciones de la ciencia, desarrollar la importancia de las consecuencias de una idea o hipótesis y de las predicciones, vincular la investigación científica y las cuestiones sociales (convencer y persuadir razonadamente), compartir mutuamente contenidos e ideas y comprensión de contenidos e ideas, practicar y participar en debate responsables y constructivos entre iguales, cooperar para abordar los retos, las ideas, los conceptos nuevos y los erróneos, transferir destrezas de pensamiento científico y pensamiento crítico a otras materias y a la vida personal y social, considerar la ciencia como una alternativa emocionante de estudio y profesión del futuro.

También se desarrollan las destrezas de pensamiento científico y pensamiento crítico siguientes: observar, medir, clasificar, comprobar, razonar, debatir, competir, plantear hipótesis, argumentar con pruebas, diseñar acciones, tomar decisiones y resolver problemas.

Finalmente, los juegos impulsan el desarrollo de actitudes y disposiciones que caracterizan al pensamiento científico y pensamiento crítico, tales como curiosidad, apertura a nuevas ideas, apertura a nuevos datos, escepticismo, colaboración, precisión, innovación, creatividad y originalidad.

Otro resultado y producto intangible es la sostenibilidad del taller, que se basa en el uso de materiales asequibles y en la formación del profesorado sobre la innovación educativa con los juegos. El profesorado se forma en innovar la enseñanza de la ciencia introduciendo los contenidos CTSA mediante la realización de las actividades de juegos de este taller. Además, la formación les permite también adaptar y construir por sí mismos los materiales de los juegos.

8. Conclusiones

Los juegos presentados logran con éxito algunos objetivos cualitativos,

modestos, pero relevantes.

El docente alcanza desarrollo profesional y satisfacción a través de la planificación y ejecución de las lecciones sobre el juego. Las guías de los estudiantes documentan el desarrollo explícito y reflexivo de competencias de pensamiento científico (observaciones, hipótesis, hipótesis rechazadas, nuevas hipótesis, verificación y argumentos, reflexiones y discusiones cooperativas y competitivas entre pares para predecir la ley, junto con la motivación y el compromiso.

Por otro lado, algunas evidencias de autoevaluación apuntan hacia otros logros, algunos de perfil afectivo. El maestro autoevalúa la experiencia sobre su mejora en la comprensión sobre la práctica científica, su capacidad de enseñar contenidos epistémicos de la ciencia y el alto interés de los estudiantes: motivados por jugar. Los estudiantes disfrutaban del juego y logran los objetivos de aprendizaje, llevan a cabo el juego de una manera bastante auténtica y motivada y reclaman insistentemente al profesor repetir la experiencia de jugar.

También aparecen algunas dificultades en los juegos, tales como la impulsividad de los estudiantes para acertar rápido la ley oculta y ganar el juego, que revelan la necesidad de enseñar autocontrol a los estudiantes para pensar despacio y lograr los objetivos cognitivos.

Los juegos poseen la flexibilidad de diseño suficiente para permitir su adaptación a la diversidad de necesidades de aprendizaje de los estudiantes, rasgo que los hace especialmente adecuados para desarrollar talleres y programas educativos de centro, y que se puedan extender a lo largo de varios cursos y grados y hacerse auto-sostenibles.

Los resultados de mejora de destrezas de PCF_PCR son difíciles de lograr, por lo cual esta propuesta basada en juegos es un reto educativo útil. Los juegos propuestos en este taller permiten a los estudiantes emular la conducta y el pensamiento de la práctica científica en un contexto lúdico y analógico, atractivo, cercano y apropiado a la edad de los estudiantes.

En los últimos años los juegos se han pilotado por el grupo de investigación de los autores de este taller con una buena recepción de los docentes y estudiantes participantes. La experiencia directa con los juegos en el taller espera mostrar que los juegos tienen un impacto eficaz para desarrollar destrezas de PCF_PCR, contenidos

CTSA y para lograr una imagen de la ciencia más auténtica en los participantes. Además, el taller implica también una profunda innovación de las metodologías y los formatos de enseñanza, de forma sencilla, atractiva y motivadora, porque los juegos son sugestivos por sí mismos y cercanos a la experiencia habitual de los estudiantes.

Agradecimientos

FCT-21-17372 financiado por la Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT), España.

Referências

MANASSERO-MAS, Maria Antonia; VÁZQUEZ-ALONSO, Ángel. Taxonomía de destrezas de pensamiento: un instrumento clave para la alfabetización científica. En M. D. Maciel e E. Albrecht (org.), **Ciência, Tecnologia & Sociedade: Ensino, Pesquisa e Formação** (pp. 17-38). Sao Paulo. 2019a.

MANASSERO-MAS, Maria Antonia; VÁZQUEZ-ALONSO, Ángel. Conceptualización y taxonomía para estructurar los conocimientos acerca de la ciencia. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, 16, 3104. 2019b.

MANASSERO-MAS, Maria Antonia; VÁZQUEZ-ALONSO, Ángel. Pensamiento científico y pensamiento crítico: competencias transversales para aprender. **Indagatio**, 12, 401-419. 2020.

MANASSERO-MAS, Maria Antonia, BENNÀSSAR-ROIG, Antoni-Josep; VÁZQUEZ-ALONSO, Ángel. Juegos serios para enseñar y aprender conocimiento epistémico sobre la naturaleza de la ciencia en educación primaria. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, 5. 2021a.

MANASSERO-MAS, Maria Antonia, BENNÀSSAR-ROIG, Antoni-Josep; VÁZQUEZ-ALONSO, Ángel. Formar, enseñar y aprender sobre la práctica científica en primaria con un juego de cajas negras. **REIRE Revista d'Innovació i Recerca En Educació**, 14, 1–22. 2021b.

MANASSERO-MAS, Maria Antonia; VÁZQUEZ-ALONSO, Ángel. Enseñar y aprender a pensar sobre la naturaleza de la ciencia: un juego de cartas como recurso en educación primaria. **Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias**, 20(2). 2023.

PEZARINI, A. R.; MACIEL, M. D. O Ensino de Ciências pautado nos vieses CTS e das questões sociocientíficas para a construção da argumentação: um olhar para as pesquisas no contexto brasileiro. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 9, n. 5, p. 169–188, 2018.

VÁZQUEZ-ALONSO, Ángel; APONTE, Abdiel; MONTESANO DE TALAVERA, Marisa; MANASSERO-MAS, Maria Antonia. Secuencia de enseñanza CTS sobre minería: análisis empírico de su eficacia para aprender. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 397–404, 2012.

VÁZQUEZ Alonso, Ángel; MANASSERO Mas, Maria Antonia. La selección de contenidos para enseñar naturaleza de CyT (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. **Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias**, 9, 2–31. 2012.

VÁZQUEZ-ALONSO, Ángel; MANASSERO-MAS, Maria Antonia. Training secondary teachers about nature of science: a simple explicit-reflective model. En J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto, e K. Hahl (Eds.), **Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future**, Nature of science: history, philosophy and sociology of science/6 (co-eds. M. Izquierdo e V-M. Vesterinen), (pp. 916- 927). Helsinki: University of Helsinki. 2016.

VÁZQUEZ-ALONSO, Ángel; MANASSERO-MAS, Maria Antonia. Juegos para enseñar la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico. **Educar**, 53, 149-170. 2017a.

VÁZQUEZ-ALONSO, Ángel; MANASSERO-MAS, Maria Antonia. Contenidos de naturaleza de la ciencia y la tecnología en los nuevos currículos básicos de educación secundaria. **Revista de Currículum y Formación de Profesorado**, 21, 294–312. 2017b.

VÁZQUEZ-ALONSO, Ángel; MANASSERO-MAS, Maria Antonia. Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, 17, 309-336. 2018.

VESTERINEN, V-M., MANASSERO-MAS, Maria Antonia; VÁZQUEZ-ALONSO. Ángel. History, Philosophy, and Sociology of Science and Science- Technology-Society Traditions in Science Education: Continuities and Discontinuities. En M.R. Matthews (ed.), **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching** (pp. 1895-1925). Dordrecht: Springer. 2014.