



Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias
ISSN: 1697-011X
revista.eureka@uca.es
Universidad de Cádiz
España

Enseñar y aprender a pensar sobre la naturaleza de la ciencia: un juego de cartas como recurso en educación primaria

Manassero-Mas, María-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, vol. 20, núm. 2, 2023

Universidad de Cádiz, España

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92073956007>

DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2202

Experiencias, recursos y otros trabajos

Enseñar y aprender a pensar sobre la naturaleza de la ciencia: un juego de cartas como recurso en educación primaria

Teaching and learning to think about the nature of science: a card game as a resource in primary education

Maria-Antonia Manassero-Mas

Departamento de Psicología, Universidad de las Islas Baleares. Palma, España
ma.manassero@uib.es

 <https://orcid.org/0000-0002-7804-7779>

DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2202

Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2202
Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92073956007>

Ángel Vázquez-Alonso

Instituto de Investigación e Innovación Educativa, Universidad de las Islas Baleares. Palma, España
angel.vazquez@uib.es

 <https://orcid.org/0000-0001-5830-7062>

Recepción: 04 Agosto 2022

Revisado: 20 Diciembre 2022

Aprobación: 07 Enero 2023

RESUMEN:

Este artículo presenta un juego cooperativo de cartas, como un recurso innovador para enseñar naturaleza de la ciencia (NdC) en primaria, que desarrolla una analogía gamificada de la práctica científica sobre el descubrimiento de las leyes de la naturaleza. Su fundamentación se sustenta en la teoría de los juegos serios de aprendizaje y en la pedagogía explícita y reflexiva requerida por la enseñanza de la NdC; además, el juego es un recurso flexible y abierto que puede adaptarse a las necesidades de estudiantes diversos y contribuye a paliar la falta de recursos y la escasa formación del profesorado en la enseñanza de la NdC. La práctica del juego brinda oportunidades para aprender y desarrollar algunas destrezas de pensamiento científico involucradas con temas de NdC tales como observación, evidencia, argumentación, interpretación, razonamiento y las competencias sociales de colaboración en equipo y competencia con los colegas. La metodología presenta el contexto y el contenido didáctico del juego de cartas y las normas y procedimientos de su aplicación a estudiantes de sexto curso de primaria, bajo la planificación docente de su profesorado. Se muestran algunos resultados preliminares de la práctica e impacto del juego, que incluyen los instrumentos (la secuencia de enseñanza, las guías de actividades y la lectura de un caso científico real de descubrimiento), las producciones de aprendizaje de los estudiantes sobre las guías, y una evaluación cualitativa de la experiencia, a partir de la satisfacción percibida, la motivación y el interés experimentados a lo largo del desarrollo del juego de cartas por parte docentes y estudiantes. Se discuten los logros del juego para el aprendizaje de los estudiantes y la formación de profesores, así como algunas alternativas de mejora y limitaciones de la experiencia del juego de cartas con respecto a la enseñanza de temas de NdC y pensamiento a estudiantes de primaria.

PALABRAS CLAVE: naturaleza de la ciencia, juego serio de aprendizaje, práctica científica, destrezas de pensamiento científico.

ABSTRACT:

This article presents a cooperative card game, as an innovative resource to teach nature of science (NoS) in primary education, which develops a gamified analogy of scientific practice about the discovery of the laws of nature. The foundation bases on the theory of serious learning games and on the explicit and reflective pedagogy required to teach NoS; in addition, the game is a flexible and open resource that can be adapted to the needs of diverse students and helps to alleviate the lack of resources and the scarce training of teachers on NoS teaching. The practice of the game provides opportunities to learn and develop some of the scientific thinking skills involved with NoS topics such as observation, evidence, argumentation, interpretation, reasoning, and the social skills of team collaboration and competition with colleagues. The methodology presents the context and the didactic content of the card game and the rules and procedures of its application to sixth grade primary school students, under their teachers' planning. Some preliminary results of game's practice and impact include the instruments (the teaching sequence, students' activity guides and the reading on a real scientific case of law discovery), some students' learning productions and some qualitative evaluation of the game experience, from teachers' and students' perceived satisfaction, motivation and interest, as experienced throughout the development of the card game. The attainments of the game experience for student learning and teacher training are discussed,

as well as some alternatives, limitations and improvements of the card game experience, regarding the complex teaching of NoS topics to primary school students.

KEYWORDS: nature of science, serious learning game, scientific practice scientific thinking skills.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento “acerca” de la ciencia, llamado naturaleza de la ciencia (NdC) en el ámbito de la didáctica de la ciencia (Erduran y Dagher, 2014; Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2019a), y denominado conocimiento epistémico en la literatura educativa general (Hofer, 2016), es un conjunto de metaconocimientos complejos, multifacéticos, interdisciplinares, evolutivos y cambiantes sobre el funcionamiento de la práctica científica para construir y validar el conocimiento científico y para intervenir en la sociedad. Las conceptualizaciones de la NdC de Erduran y Dagher (2014) y Manassero-Mas y Vázquez-Alonso (2019a) convergen en estructurar los temas de NdC en dos grandes dimensiones (cognitiva-epistemológica y social-institucional) y en desarrollar cada dimensión en múltiples categorías, que concretan los temas epistemológicos y sociales.

En realidad, NdC debería denominarse propiamente naturaleza del conocimiento científico, porque este nombre pone mejor de manifiesto que es un meta-conocimiento epistémico (conocimiento sobre el conocimiento - ¿qué sabemos? - y el conocer - ¿cómo sabemos lo que sabemos? -), y de esta cualidad emana su complejidad cognitiva. La literatura sintetiza las dificultades para la enseñanza y aprendizaje de los innovadores temas de NdC en tres factores principales: la exigente demanda cognitiva, que requiere el uso de destrezas de pensamiento, la insuficiente comprensión del profesorado sobre la NdC y los escasos (aunque crecientes) recursos didácticos, especialmente en primaria (Cofré *et al.*, 2019; Khishfe, 2020; Lederman, 2007).

Estas tres dificultades, aunque identificadas hace unos años en el contexto global, tienen perfiles agudos en el contexto español, donde la implantación sucesiva de múltiples leyes educativas en las últimas décadas ha contribuido al deterioro de la educación científica y, especialmente, de la enseñanza de la NdC, particularmente en educación primaria. A diferencia de otros países, los currículos españoles no han sido sensibles a la enseñanza de temas de NdC, centrales y propios de la competencia científica, con lo cual la formación del profesorado, los libros de texto y la enseñanza general han perdido esta innovación (García-Carmona, 2022; Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2017a). Además, la formación en ciencias del profesorado de primaria es raquítica, y, por supuesto, la NdC está generalmente ausente de ella. Finalmente, los centros educativos públicos de primaria transformaron los espacios de laboratorios en aulas normales, y los nuevos centros construidos carecen ya de laboratorios, de modo que la educación científica ha perdido un espacio científico crucial. Este panorama agudiza el impacto negativo de esos factores en España (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2012).

Para afrontar estas dificultades, la literatura de NdC converge en señalar que una enseñanza efectiva de la NdC requiere dos condiciones básicas: enseñanza explícita y enseñanza reflexiva. El primera exige hacer manifiestos en el aula los contenidos, procedimientos y valores de NdC a enseñar y aprender, pues no resulta eficaz dejarlos implícitos, supuestos o sobreentendidos, como ocurre en algunos enfoques del trabajo en el laboratorio (Abrahams y Millar, 2008). La reflexividad exige pensar sobre la coherencia y alcance de los resultados, conclusiones, consecuencias y limitaciones de NdC, y está relacionada con la capacidad de usar las destrezas de pensamiento - científico y crítico - (Khishfe, 2020; Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2019b, 2020; Rudge y Howe, 2009).

Entre los múltiples temas de NdC, la distinción entre tres categorías epistémicas (hipótesis, leyes y teorías) es especialmente importante. Estas suelen estar muy presentes en los libros de texto y en el lenguaje ordinario de la ciencia, sin que se tenga de ellas una adecuada comprensión y como las leyes son el tema central del juego de cartas se desarrolla brevemente su estatus. Las tres entidades son epistemológicamente diferentes, de modo que las habituales interpretaciones reduccionistas, hacia su fusión o hacia su jerarquización, son erróneas; por

ejemplo, las leyes no son hipótesis suficientemente comprobadas ni teorías muy maduras, ni las teorías son hipótesis insuficientemente probadas, y otras similares (Vázquez *et al.*, 2007).

Las leyes científicas son proposiciones singulares que describen generalizaciones de regularidades y patrones observados en los fenómenos naturales, y que con frecuencia se formulan como relaciones matemáticas entre variables. Por ejemplo, la ley fundamental de la hidrostática prescribe la modificación del peso de un cuerpo cuando es sumergido en un fluido. Las teorías científicas son sistemas explicativos de hallazgos previos, que están formados por un conjunto heterogéneo de diferentes elementos epistémicos (hechos, métodos, hipótesis, leyes, predicciones, explicaciones, supuestos, etc.). Por ejemplo, la teoría estática de las fuerzas permite explicar la ley de la hidrostática, pero también otros resultados como las palancas o la construcción de edificios (Abd-El-Khalick, 2012; Dagher *et al.*, 2004; NGSS, 2013).

Pero también teorías y las leyes comparten rasgos epistémicos comunes, como por ejemplo, que sus predicciones están continuamente sometidas a pruebas, cuyos resultados, favorables o desfavorables, pueden modificar sus contenidos (Fourez, 1994). Además, las teorías y las leyes deben ser coherentes (con el cuerpo de conocimientos y con la evidencia), sólidas (amplitud de sus fundamentos), precisas (exactitud de las ideas implicadas) y potentes (capacidad predictiva y carencia de limitaciones o inconsistencias). Esta distinción se hace porque las leyes son el centro del juego, ya que se ajustan mejor al nivel cognitivo de los estudiantes de primaria que las teorías, de modo que la clarificación epistémica va dirigida a evitar la confusión entre ambas.

Por otro lado, la dimensión social de la ciencia reside en la comunidad de personas y entidades que trabajan cooperativa y competitivamente para indagar y explicar cómo funciona el mundo natural (práctica científica) y cuyos resultados impactan e interaccionan con la sociedad y la tecnología. El concepto de práctica científica propuesto por el programa de educación en ciencias para las nuevas generaciones implica la integración interactiva de una variedad de actividades (científicas, ingenieriles, tecnológicas, etc.) que ofrecen una visión más amplia, interdisciplinar y comprensiva de la investigación (NGSS, 2013).

Esta conceptualización de la práctica científica es amplia, aunque en didáctica de las ciencias el trabajo práctico se ha identificado usualmente con actividades de laboratorio, que enseñan procesos de investigación y generan interés y motivación hacia la ciencia (Lederman y Lederman, 2019). Sin embargo, algunos estudios desmitifican estos logros, argumentando que el interés generado es puramente situacional (acaba cuándo finaliza la actividad), que apenas sirven para comprobar que los estudiantes hicieron las tareas planeadas en la receta, y que no hacen pensar a los estudiantes para relacionar los observables del laboratorio con los conceptos e ideas de la ciencia y, por ello, no son eficaces para aprender. En suma, las prácticas de laboratorio requieren pensar para vincular observaciones e ideas y ser efectivas para aprender (Abrahams, 2009; Abrahams y Reiss, 2012).

Asimismo, la literatura identifica las barreras cognitivas de los estudiantes para comprender la NdC. Las más importantes son la incapacidad para diferenciar hechos y explicaciones y para coordinar adecuadamente pruebas, justificaciones, argumentos y conclusiones; la presencia frecuente de sesgos, tales como la introducción de opiniones, inferencias y reinterpretaciones personales, el salto a las conclusiones como autoevidentes, la desatención a las ideas y evidencias contrarias y la falta de metaconocimiento y autorregulación (García-Mila y Andersen, 2008; McDonald y McRobbie, 2012; Simonneaux, 2014).

Algunos autores sugieren que el afrontamiento de estas barreras requiere usar destrezas de pensamiento científico y crítico (PCC), que permitan reflexionar para establecer vínculos entre lo observado y los conceptos (detectado también en el laboratorio), para hacer el aprendizaje significativo para la persona y transferible a otros ámbitos. Por ello, algunos investigadores están conectando ambos campos, NdC y PCC, y sugieren que tanto las destrezas de NdC como las de pensamiento pueden tener una relación mutua y fructífera para la educación científica, con el nombre de pensamiento científico, y, para la educación general -con el nombre del pensamiento crítico- o la síntesis propuesta aquí de PCC (Allchin y Zemplén, 2020; Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2020; Saido *et al.*, 2018). El juego de cartas trata de enseñar NdC en

torno a las leyes integrada con la enseñanza de destrezas de PCC a través de la reflexión argumentada de los estudiantes sobre las jugadas.

La educación científica afronta problemas críticos globales, tales como desarrollar en los estudiantes el pensamiento crítico y científico para investigar y promover actitudes y experiencias positivas, que favorezcan el aprendizaje, el disfrute y la participación en estos estudios. Además, la enseñanza de NdC carece de recursos específicos, que abarca desde las carencias del propio currículo hasta las de los libros de texto, y especialmente para los estudiantes de primaria. En este contexto, algunos estudios recientes apuntan que los juegos serios son más efectivos que la instrucción convencional para afrontar las dificultades mencionadas, producir cambios actitudinales, conductuales, cognitivos, metacognitivos y otras ventajas educativas (Clark *et al.*, 2016). Así, Morris *et al.* (2013) argumentan que los juegos de video desarrollan el pensamiento científico mediante una serie de andamios motivacionales (curiosidad, retroalimentación, recompensas fracaso divertido y estados de fluidez) que involucran a los estudiantes, andamios cognitivos (simulaciones, cognición situada, conocimiento cooperativo y destrezas integradas de razonamiento y resolución de problemas reales), que compensan las limitaciones del sistema cognitivo individual, y andamios metacognitivos personalizados (contexto, competencia, identidad y competencia estratégica) más eficaces que la enseñanza tradicional. Estos andamios también están implicados en los juegos seleccionados para este estudio y contribuyen a superar aquellos problemas críticos.

Sin embargo, los juegos diseñados para el aprendizaje epistémico son escasos; Li y Tsai (2013) analizaron 31 investigaciones con juegos digitales científicos y ninguna abordaba el aprendizaje de cuestiones epistémicas sobre la práctica científica. Asimismo, Kalogiannakis *et al.* (2021) revisan la gamificación en ciencias (2012-2020) y confirman la significativa menor presencia de juegos en primaria, debido al coste y complejidad tecnológica de los juegos digitales, y no mencionan un solo juego epistémico de cualquier nivel, lo cual subraya más la ausencia de recursos específicos para aprender NdC con juegos.

En este contexto de carencia de recursos, se han explorado algunos juegos cooperativos que ofrecen una analogía epistémica de la práctica científica para validar conocimientos, que resulten cognitivamente asequibles y que sean accesibles y motivadores para estudiantes y docentes de primaria (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2017b). Este estudio presenta un innovador recurso didáctico, diseñado en forma de juego de cartas, con un doble objetivo: enseñar en el aula un tema explícito de NdC (el descubrimiento de las leyes de la naturaleza) a los estudiantes, quienes practican intensamente las destrezas de pensamiento integradas en el juego, y formar al profesorado, al planificar y realizar estas enseñanzas.

Este planteamiento pretende dar respuesta a las tres barreras de la enseñanza de NdC mencionadas y, además, en el colectivo de estudiantes más jóvenes (educación primaria), que son los menos presentes en la investigación sobre NdC, porque añaden la dificultad de su menor desarrollo cognitivo (Cofré *et al.*, 2019). Además, se añaden algunas preguntas: ¿es atractivo e interesante el juego?, ¿qué competencias personales y profesionales mejora el juego?

MATERIALES Y MÉTODOS

En este apartado se describen los materiales del juego, los procedimientos para jugar y los participantes a quienes se dirige el juego y los procedimientos expuestos.

Materiales instrumentales

La herramienta material de esta innovación educativa para enseñar NdC es uno o varios mazos de cartas de cualquier tipo (baraja española, americana u otras). Se recomienda la americana de póker, porque muestra con mayor claridad las tres variables que pueden usarse para componer la ley secreta, cuyo descubrimiento es

el objetivo central del juego. Estas variables son los números de las cartas (2 a 10), los colores (rojo y negro) y los palos (diamantes, corazones, picas o espadas y tréboles). En lo que sigue se considera la baraja americana como referente general, aunque las instrucciones y procedimientos pueden aplicarse similarmente a otras.

Antes de comenzar el juego debe decidirse incluir (o no) las cartas con figuras, que no poseen marcados números específicos (comodines, A ases, y figuras J, Q, K). Se recomienda adoptar la siguiente convención de números y figuras: el número 0 para los comodines, 1 para los ases, 11 para las J, 12 para las Q y 13 para las K.

La decisión de incluir las cartas no numeradas se deja al profesorado, como una medida de adaptación del juego a los estudiantes; para estudiantes más jóvenes se recomienda excluirlos, para evitar distracciones y confusiones, pero también pueden suponer un estímulo a la creatividad e imaginación en el reconocimiento de estas cartas no numeradas.

Procedimientos

Aunque hay diversas variantes del juego de cartas, aquí se propone una versión concreta (Fermilab) y en los resultados y discusión se comentan otras posibilidades.

El juego de cartas tiene dos jugadores (dos individuos o dos grupos), con roles de científico(s) y naturaleza, que compiten uno contra otro y reciben una baraja de cartas.

El jugador naturaleza decide la ley a usar en cada juego (p. e. jugar cartas del mismo color que la carta jugada por el científico) y la escribe en una hoja, que no debe mostrar al científico ni ayudarle. Puede ser útil llevar a los jugadores de naturaleza fuera del aula para discutir su rol y familiarizarlos con las leyes y como formularlas con claridad y precisión. El científico recibe otra hoja (guía) donde puede anotar las hipótesis y las cartas jugadas sucesivamente. El reto del juego que el científico debe descubrir la ley de la naturaleza, a través de las cartas jugadas por la naturaleza como respuesta a las suyas.

El científico inicia la ronda jugando cualquier carta y la naturaleza responde jugando otra carta, que debe ceñirse al patrón de la ley elegida (en todo el juego) y se coloca junto a la carta del científico. El científico elige sus cartas, que puede seleccionar estratégicamente, en función de las hipótesis que pueda haber generado en la jugada anterior, para tratar de obtener una respuesta de la naturaleza. La naturaleza responderá con otra carta, siempre siguiendo el patrón de la ley.

Cuando el científico crea haber descubierto un patrón, debe escribir una hipótesis comprensible y concisa en su hoja guía. El científico luego probará la hipótesis con las cartas siguientes, prediciendo con qué carta responderá la naturaleza; si las predicciones son correctas, el científico tiene ya una teoría válida. Cuando el científico considere que ha probado con suficiente éxito el patrón de la ley lo comunica a la naturaleza, la cual informa si es correcto o incorrecto.

Si es incorrecto, se continúa jugando las cartas de igual modo, hasta que el científico tenga otra hipótesis, eventual teoría o descubra el patrón de la ley. Si es correcto, el juego termina cuando la naturaleza acepta que el científico descubre la ley.

Las cartas se organizan sobre la mesa en dos filas, la fila de la naturaleza y la fila del científico, para facilitar que se puedan repasar y comprobar todas las jugadas previas y el patrón de la ley sea más fácil de verificar (figura 1). Los roles se pueden invertir después de una o dos rondas.



FIGURA 1

Estudiantes jugando al juego de cartas, donde se observa la fila del científico (línea superior), la fila de la naturaleza (línea inferior) y la ley secreta (restar una unidad a la carta del científico).

El juego satisface los criterios básicos de la literatura sobre enseñanza de NdC: plantear explícitamente un tema epistémico (en este caso, el descubrimiento de leyes, junto con sus elementos epistémicos y sociales concomitantes) y estimular la discusión reflexiva entre compañeros sobre esos elementos: las hipótesis, predicciones e ideas puestas en juego, la cooperación y la competencia (analogía de la socialización del científico).

A partir de un diseño global, el profesorado puede adaptar flexiblemente el juego a las necesidades y habilidades de los estudiantes específicos a los que se dirige. Se sugiere aplicar el diseño universal de aprendizaje (DUA) a la programación del juego y adaptar las actividades al nivel cognitivo de los estudiantes de primaria (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2017b).

Participantes

Los participantes de esta experiencia de juego de cartas son tres docentes y su alumnado (67); los docentes preparan el juego como cualquier otra actividad de aprendizaje (planificando, explicando y dirigiendo la actividad con sus estudiantes). Las actividades de apropiación y trasposición didáctica del juego constituyen la base de la formación en servicio del profesorado sobre la enseñanza de NdC.

Se instruye a los estudiantes que sus propuestas de ideas deben ir siempre acompañadas una razón o evidencia justificativa, sin la cual no son tenidas en cuenta. También que los procesos de verificación, argumentación o razonamiento sobre las ideas, hipótesis, predicciones y conclusiones deben ser siempre coherentes con la evidencia, para ser aceptados en el desarrollo de las actividades. En consecuencia, los estudiantes deben objetar aquellas ideas que no aportan razones o no coinciden con la evidencia disponible.

Los estudiantes juegan de forma cooperativa o individual el juego de cartas, que desarrolla el bloque de contenidos 1 del currículo de ciencias de la educación primaria española (actividad de los científicos), para aprender los conceptos de NdC implicados en el juego actuando como científicos.

RESULTADOS

El propósito del juego es familiarizar a los estudiantes con la metodología científica, simulando el perenne objetivo legal de la ciencia, que se basa en aceptar el supuesto tácito que la naturaleza se manifiesta mediante patrones, reglas o leyes (supuesto del orden natural) y los científicos se esfuerzan por dilucidarlos y descubrirlos (NGSS, 2013).



FIGURA 2

Estudiantes jugando a descubrir la ley oculta en las cartas con las guías del juego al fondo.

La práctica usual suele requerir jugar unas 8-10 jugadas para descubrir la ley, aunque este desenlace depende ampliamente de la complejidad de la ley ideada por la naturaleza. La larga jugada recogida en la imagen de la figura 2 (16 jugadas) también permite observar que tiene tres cartas boca abajo.

La ley debe ser clara y precisa, que permita jugar varias cartas en un cada momento, aunque nunca demasiadas. "La siguiente carta debe ser una unidad más alta" es clara y restrictiva, pero "La siguiente carta debe ser un palo diferente" es demasiado permisiva y amplia y dificultará su identificación, por lo que debería evitarse. También deben evitarse reglas formuladas con excepciones (nunca para una carta) o generales (siempre para una carta). En general, cualquiera que sea la regla inventada, siempre será más difícil de lo que se crea (ver ejemplos en la tabla 1).

TABLA 1

Ejemplos prácticos de leyes secretas de la naturaleza para jugar a cartas, clasificadas de fáciles a difíciles.
Las combinaciones nuevas de los elementos sugeridos entre paréntesis producen distintas leyes.

Muy Fácil	Siempre juega una carta roja (negra) en una carta roja (negra) o viceversa.
	Juega una carta par (impar) en cualquier carta.
	Juega un diamante (espada, ...) en cualquier carta.
Fácil	Igualar el número. Juega cualquier color.
	Juegue una carta con un número que sea (1, 2 o 3...) mayor (menor) que el número de la última carta.
	Si la última carta es impar, juegue par; si el último es par, juega un impar.
Media	Siempre la suma de su carta y la otra carta sea igual a ocho.
	Juegue negro en números pares, rojo en impares.
	Ciclo: tres cartas rojas, tres negras, tres rojas, tres negras, etc.
Difícil	Si la carta es una espada, juega un corazón; si carta es un corazón, juega un diamante; si un diamante, juega trébol; y si trébol, juega una espada.
	Juega una carta impar (par) que sea menor (mayor) que el número de la carta del científico.
	Si la última carta es impar, juegue una roja. Si es par, juega una carta negra.
Muy difícil	Si la carta está entre as y 7, juega una carta de 8 al rey (K). Si es de 8 a rey, juega de as a 7.
	Si su número es cinco o más grande, reste uno; si son menos de cinco, agregue uno.
	Si juegan negro, juegas 7 o más alto; corazones, juega 4, 5 o 6; diamantes, juegas 3 o menos.

* La dificultad es relativa y tentativa, pues depende de la edad de los estudiantes.

Los materiales didácticos

Los principales productos de esta experiencia innovadora con el juego de cartas son la guía organizadora para juegos de cartas, la lectura de un caso histórico de descubrimiento de una ley y la secuencia de enseñanza aprendizaje.

La figura 3 muestra una guía organizadora para el juego de descubrir la ley oculta en las cartas, cumplimentada por los estudiantes participantes en un juego, con las cartas jugadas, hipótesis, predicciones, argumentaciones (propuesta de ley) y conclusiones (ley descubierta). En la guía se describen las cartas jugadas en cada una de las cuatro jugadas por los dos protagonistas del juego, la naturaleza y el científico. La nota del final indica escuetamente que la ley descubierta en cuatro manos es “dos menos”.

Participante (s):	Guías organizadoras para juegos								Papel en el juego: científico
	Guía para Juegos de cartas								
Cartista: Entusiasta	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5	Paso 6	Paso 7	Paso 8	
Carta que pongo (color, Número, palo)	Color roja 9 Número 9 Palo Espada	Color roja 10 Número 10 Palo Diamante	Color negra 0 Número 0 Palo Espada	Color roja 1 Número 1 Palo Corazón	Color negra 2 Número 2 Palo Diamante	Color negra 3 Número 3 Palo Corazón	Color negra 4 Número 4 Palo Trébol	Color negra 5 Número 5 Palo Trébol	
Carta que sale	Color roja 5 Número 5 Palo Trébol	Color negra 6 Número 6 Palo Corazón	Color negra 7 Número 7 Palo Diamante	Color negra 8 Número 8 Palo Corazón	Color negra 9 Número 9 Palo Diamante	Color negra 10 Número 10 Palo Corazón	Color negra 11 Número 11 Palo Diamante	Color negra 12 Número 12 Palo Corazón	
Hipótesis sobre ley	Carta que saldrá								
Predicción: carta que saldrá	Acierto o error de la predicción								
Acierto o error de la predicción	Posibilidades alternativas diferentes a la predicha								
Posibilidades alternativas diferentes a la predicha	Razón para descartar la hipótesis o alternativas								
Razón para descartar la hipótesis o alternativas	Razón para aceptar la hipótesis o alternativas								
Razón para aceptar la hipótesis o alternativas	Propongo la ley siguiente								
Propongo la ley siguiente	Acierto o error de la predicción								
Acierto o error de la predicción	Ley final: A cada 2 resta 1								
Ley final: A cada 2 resta 1	Observaciones: As y 7 todo lo								

FIGURA 3
Guía organizadora para el juego de descubrir la ley oculta en las cartas, que muestra las cartas jugadas en cuatro pasos y la ley final descubierta.

La lectura del caso histórico seleccionada para el juego de cartas ha sido el descubrimiento de la ley de flotación o principio de Arquímedes, porque los contenidos de ciencias en primaria proponen también el estudio de la flotación. La lectura narra este descubrimiento adaptado a la comprensión de estudiantes de 6º curso de primaria y se recomienda al profesorado que ilustre cada párrafo con preguntas de comprensión y ejemplos que les ayude a pensar para conectar la lectura con el juego; en este aspecto, cabe resaltar que el razonamiento de Arquímedes para demostrar la estafa (párrafo cuarto) debería ser comprendido por todos, como ejemplo paradigmático del pensamiento científico. Además, la elección de este caso tiene otras ventajas didácticas, tales como presentar a los estudiantes una ley de la naturaleza descubierta antes que la ciencia se constituyese como tal en el siglo XVII, y tomar conciencia que sus múltiples aplicaciones a la navegación son anteriores incluso a Arquímedes, como introducción a las complejas relaciones ciencia-tecnología-sociedad.

La secuencia de enseñanza aprendizaje es un plan de los resultados mostrados a continuación, organizados y sistematizados como objetivos, contenidos, normas, actividades y evaluación.

Resultados de aprendizaje cognitivos

El científico trata de descubrir la ley secreta sobre el supuesto del orden natural (existe un orden cognoscible): la naturaleza siempre juega sus cartas siguiendo la ley creada. Las actividades del juego dan oportunidades a los estudiantes de descubrir, codificar y validar leyes, como los científicos hacen en la naturaleza; la naturaleza va ofreciendo una información parcial y fragmentada sobre la ley, que obliga a los científicos a una actividad cognitiva continua: pensar sobre las observaciones y construir y reconstruir hipótesis sucesivamente (como ocurre en la investigación científica real).

Los estudiantes que integran el equipo de la naturaleza desarrollan la creatividad (inventando la ley) y el razonamiento de deducción para aplicarla en cada carta que juegan. Los científicos, en cada jugada, desarrollan una discusión y reflexión consensuada entre iguales, tanto en pequeños grupos, como en el grupo clase, para pensar y argumentar sobre las observaciones minuciosas de las cartas jugadas por la naturaleza, crear hipótesis sobre la ley que creen percibir en el patrón de las cartas, elegir las cartas apropiadas que permitan confirmar (o falsar) sus hipótesis, evaluar si sus hipótesis son confirmadas (o falsadas), tomar decisiones sobre si proponer ya la ley o predecir una jugada adicional de confirmación, con base en el análisis de las observaciones favorables y contrarias (objeciones y anomalías de las hipótesis), etc. Todas estas son destrezas cognitivas de orden superior desarrolladas por el juego.

Simultáneamente, el juego enseña explícitamente una imagen adecuada de la NdC: observar, obtener datos limitados y parciales y hacer y confirmar hipótesis usando destrezas de PCC (crear, observar, razonar, discutir, convencer, colaborar) para resolver el reto. Además, el juego da oportunidades para la reflexión: crear hipótesis, argumentar con base en pruebas, coordinar, explicar y predecir observaciones, entender la investigación como un proceso continuo y vinculado a aspectos sociales, tales como convencer a la comunidad aportando evidencias y razonamientos. Los objetivos pedagógicos enseñan a los estudiantes a compartir ideas y contenidos, a participar en debates responsables y constructivos y a cooperar para abordar ideas y conceptos nuevos, acertados o erróneos. Finalmente, los estudiantes desarrollan actitudes y valores que caracterizan la ciencia, tales como la curiosidad, la apertura mental, el escepticismo, la perseverancia, la imparcialidad y la confianza en la razón (Erduran y Dagher, 2014; Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2019a, 2020).

En suma, el juego de cartas es una actividad de aprendizaje enfocada a desarrollar múltiples destrezas de pensamiento en un contexto de reflexión para comprender la NdC, también denominado en la literatura como pensamiento científico, pensamiento crítico, auto-reflexión, meta-cognición, etc. que responden a la categoría cognitiva de las destrezas de pensamiento de orden superior, pensamiento crítico y pensamiento científico, cuya identidad relacional a través de la NdC ya se ha resaltado en la introducción.

La formación del profesorado

El proyecto de innovación docente con juegos contribuye a la formación en servicio del profesorado para enseñar destrezas de pensamiento y temas de NdC. La formación se inicia con un seminario formativo para presentar el juego, el pensamiento, la NdC y sus materiales didácticos (secuencia de enseñanza-aprendizaje, lectura de caso histórico y guía de actividades), instrumentos básicos de la experiencia formativa.

El profesorado debe proceder a su apropiación, su planificación adaptada al contexto e implementación práctica en el aula con sus estudiantes. En la práctica de estas actividades con el objetivo de enseñar, el profesorado desarrolla un diseño universal del aprendizaje (DUA) personalizado, para adaptar el uso y diseño de la secuencia de enseñanza aprendizaje, de la lectura de un texto sobre el principio de Arquímedes y de la guía organizadora para sus estudiantes. Así se desarrolla una formación gradual en la práctica que constituye la línea base para el desarrollo y formación del profesorado sobre NdC y pensamiento.

El juego ejemplifica diversos aspectos de la NdC y el PCC, tales como descubrir la ley oculta pronto (emulando la competencia entre científicos por la primacía del descubrimiento), practicar las normas y los procesos de la ciencia (pensar, observar, argumentar, planificar, reflexionar, cooperar, manipular, construir hipótesis y explicaciones) y estimular el PCC para la toma de decisiones (crear y verificar hipótesis) y la resolución del problema de descubrir la ley secreta, en un contexto permanentemente cambiante a medida que avanza el juego (análogamente a cómo cambia la ciencia).

La secuencia de enseñanza aprendizaje (SEA) estructura los temas básicos de NdC a ser enseñados según el modelo 7E, junto con algunas sugerencias de metodología y organización de actividades. La apropiación de la SEA por el profesorado consiste en aplicar el DUA a la composición y secuenciación de los contenidos de la SEA y decidir el uso de la guía de los estudiantes, la aplicación de la lectura, las actividades de juego, etc. Por ejemplo, a través de la lectura, el profesorado puede decidir su secuenciación en el marco global de actividades, concretar las preguntas apropiadas (para verificar la comprensión del texto o de la NdC), relacionar la lectura con el juego, etc. La lectura ilustra las prácticas analógicas desarrolladas en el juego con el uso y aplicación de una ley real de la naturaleza en la lectura.

La gestión de los errores que pueden producirse en las actividades del juego de cartas es un aspecto didácticamente relevante, de modo que una tarea importante de formación del profesorado es la supervisión global de las actividades del juego, y, especialmente, de algunos aspectos claves, para mantener la fidelidad del juego a los temas de NdC y PCC. En concreto, el profesorado debe intervenir sobre los errores apreciados en la práctica del juego y mantener la motivación y resiliencia en el aprendizaje y el juego. La supervisión del profesorado debe cuidarse (también desde el DUA) de evitar el dominio acaparador de algunos estudiantes, que inhiben o dañan el acceso equitativo de todos en el aprendizaje y también las equivocaciones en las cartas jugadas por la naturaleza (que violan la ley). En todos los casos, el profesorado debe intervenir para corregir los errores, restaurando la equidad o la integridad del juego (p.e. girando boca abajo la carta jugada equivocadamente y continuando el juego).

Desde el rol de la naturaleza, los errores se refieren a la formulación imprecisa de la ley (redacción imprecisa o comprensión inadecuada), y esta imperfección causa consecuencias erróneas en el juego (p.e. rechazar - aceptar- como falsa -verdadera-, una ley adecuada -inadecuada-). La figura 1 ejemplifica este tipo de errores en las cartas jugadas. A la vista de la figura 1, los científicos eligieron la ley “disminuir una unidad el número y cambiar el color” y la naturaleza asintió. Sin embargo, la carta 7 de corazones falsa la segunda parte de la ley (cambiar el color), por lo que con las cinco cartas jugadas debe concluirse que la ley es, simplemente, disminuir en una unidad el número de las cartas jugadas por los científicos. Realmente, la ley escrita era la primera (incluyendo el color) y la jugada del 7 de corazones es un error de la naturaleza. La tarea del profesorado es intervenir para corregir errores, pero también para aprovechar los errores producidos para aprender, con una gestión didáctica proactiva, que haga reflexionar a los estudiantes para que su pensamiento y lenguaje sean más precisos y exactos (que es parte de la educación del pensamiento)

Desde la perspectiva de los científicos, los errores más comunes derivan de la impulsividad por ganar o descubrir rápido la ley, que lleva a olvidar lo básico (observar y pensar), para primar la adivinación desordenada (sin datos, ni razones corroboradoras) o a la prisa por acabar cuando el juego se prolonga debido las dificultades.

En particular, muchos errores se derivan del uso impreciso del lenguaje para expresar el PCC sobre las ideas en juego, cuya discusión es muy útil, porque un aspecto central del pensamiento y del razonamiento es expresar todas las ideas con la mayor precisión posible, para no caer en discusiones nominalistas. Estos errores nominalistas se manifiestan cuando la formulación de la ley propuesta por los científicos (p.e. "mi carta es mayor en dos unidades a la tuya") no coincide literalmente con la de la naturaleza (p.e. "jugar una carta con dos números menos que la del científico"). Usualmente la naturaleza decide equivocadamente que la ley propuesta no es correcta y se inicia la consiguiente discusión entre naturaleza y científicos. Obviamente, la expresión literal de ambas formulaciones es diferente, pero el significado semántico de ambas expresiones es equivalente. Errores como este prueban que muchos estudiantes aún están en la etapa de operaciones concretas y su resolución proactiva por el profesorado es didácticamente significativa para el PCC, para inducir el desarrollo de pensamiento formal profundo y, tal vez, la necesidad de aplicar formulaciones matemáticas de la ley, para evitar las falacias nominalistas del lenguaje.

Evaluación

El impacto de esta experiencia innovadora con el juego de cartas se evalúa con una simple lista de chequeo sobre las actividades realizadas para estudiantes (recogidas por el profesorado) y el profesorado (recogidas por los investigadores).

Los estudiantes valoran el juego de cartas como el más divertido, fácil e interesante (en comparación con otros juegos). Además, sobre una lista de cualidades que los juegos pueden mejorar, las más valoradas son competir con las demás sin trampas y con respeto, compartir ideas y colaborar con los otros, estar abierto a nuevas ideas y datos y a crear y buscar ideas nuevas y originales. Además, las chicas tienden a mostrar valoraciones más entusiastas que los chicos sobre la lista de chequeo.

El profesorado apreció una dedicación promedio de dos horas y los siguientes logros globales cualitativos de la práctica del juego de cartas por los estudiantes:

- disfrute del juego
- logro de los objetivos de aprendizaje
- actividades de práctica científica auténticas y motivadas, y
- reclamación insistente de repetir el juego de cartas.

El profesorado evaluó positivamente la experiencia desde la perspectiva del desarrollo profesional destacando su:

- mejora de la comprensión de la práctica científica,
- utilidad para enseñar los contenidos epistémicos de la ciencia e
- interés de los estudiantes manifestado en su solicitud de repetir la actividad.

El análisis DAFO del profesorado destaca los aspectos resumidos en la tabla 2.

TABLA 2
Síntesis del análisis DAFO del juego de cartas realizado por el profesorado.

Fortalezas	Observación y análisis Engancha mucho Pueden jugar alumnos de todos los niveles Curiosidad Fomenta el pensamiento Ayuda a constatar que no todo es válido Trabajo en equipo Fácil de aplicar
Debilidades	Jugar leyes sencillas y no esforzarse por alternativas más complejas A los alumnos les costó seguir las normas para jugar de forma correcta
Amenazas	Impulsividad y prisa por acertar olvidando el respeto a los demás y a las normas Programaciones muy densas que dejan poco tiempo para juegos No todos los estudiantes puedan entender la dinámica del juego para participar adecuadamente
Oportunidades	Competición entre los propios alumnos Incorporarlo a la programación de naturales Flexible para hacer una creación propia Buen camino para explorar la relación entre juegos y ciencia que jamás había pensado
Contribuciones a tu formación docente	Ampliar mi formación con juegos nuevos aplicables al aula Importancia del juego en la educación Reto de encontrar actividades para que los alumnos empleen el pensamiento científico
Propuestas de mejora	Dedicar más tiempo en clase a los juegos y de forma más sistemática Rúbricas de guías más sencillas Alguna mejoras ya se han puesto en práctica

La principal dificultad del profesorado fue frenar la impulsividad de los alumnos por ganar el juego, olvidando las reglas. La impulsividad y el bajo autocontrol llevaron a algunos alumnos a saltar irreflexivamente al final: completaron de manera desigual sus organizadores, tanto en contenido como en continuidad, y evitaron las reflexiones que se requieren para pensar y modificar las hipótesis en cada movimiento de cartas, para lograr mayor eficiencia cara al éxito del aprendizaje con el juego.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este estudio plantea una respuesta innovadora a las dificultades del aprendizaje y la enseñanza de temas de NdC en la escuela primaria (falta de recursos, escasa formación de los docentes y bajo nivel de desarrollo cognitivo de los alumnos) a la vez que cumple las exigencias de enseñanza explícita y reflexiva (desarrollo del PCC). El juego de cartas pretende superar esas barreras mediante la poderosa y simple analogía explícita de la práctica científica en las situaciones del juego, junto con la provisión de una fuente de motivación lúdica a los estudiantes y de oportunidad para practicar y desarrollar estrategias de pensamiento para ganar el juego y lograr aprendizajes significativos (Khishfe, 2020; Lederman, 2007; Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2020). Si bien el juego de cartas ofrece un recurso adecuado se requiere una planificación y orientación activa del profesorado para reforzar los procesos explícitos de reflexión requeridos para un aprendizaje eficaz y para inhibir la impulsividad, un desafío permanente contra la educación del pensamiento en estudiantes de primaria (Cofré *et al.*, 2019).

La justificación racional de los objetivos del estudio surge de las múltiples contribuciones del juego a la NdC y al PCC: adición de un nuevo recurso en un campo donde escasean, provisión de capacitación

formadora sobre NdC simple y fluida para el profesorado, desarrollo de un aprendizaje de NdC fácil, explícito, reflexivo y motivador para los estudiantes y adaptación flexible y sostenible a las necesidades de estudiantes y profesores de primaria para aprender sobre los temas complejos de NdC. A través del juego los estudiantes tienen oportunidad de desarrollar destrezas cognitivas de PCC: crean hipótesis reflexivas y claras, argumentan con base en pruebas para explicar y predecir observaciones, practican la investigación como proceso continuo y vinculado con aspectos sociales (convencer a la comunidad) con base en evidencia y razonamientos. Como objetivos pedagógicos, los estudiantes aprenden a compartir contenidos, participan en debates responsables y constructivos y cooperan para abordar ideas y conceptos nuevos y erróneos (García-Mila y Andersen, 2008; Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2020; Simonneaux, 2012).

Este juego innovador estimula a los estudiantes para practicar el PCC hasta que descubren la ley, final del juego. A diferencia de las prácticas de laboratorio, estas actividades del juego son neutrales en cuanto al género, de modo la participación de las chicas es igual de intensa y equitativa, pues transmiten una imagen de la ciencia más realista, emocionante y motivadora que el laboratorio, especialmente para las niñas (Abrahams y Reiss, 2012; Holmes *et al.*, 2022; Quinn *et al.*, 2020).

Otros hitos intangibles, pero valiosos, del juego de cartas son la generación de satisfacción y actitudes positivas de los estudiantes. Los estudiantes participan con entusiasmo, muestran mayoritariamente satisfacción y deseos de continuar practicando el juego y declaran haber mejorado disposiciones afectivas que caracterizan a las normas y valores de la ciencia, tales como curiosidad y apertura a nuevas ideas, respetar y compartir ideas con los demás, etc. (Erduran y Dagher, 2014; Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2019a).

Otras cualidades del juego de cartas son su autosostenibilidad y flexibilidad. Las actividades del juego se pueden autosostener fácilmente, pues no requieren gastos e inversiones en las aplicaciones de aula ya que las cartas sirven para todos los niveles. La flexibilidad deriva de su versatilidad para adaptarse a estudiantes de cualquier nivel y especialidad (p.e. regulando el grado de dificultad de la ley secreta) y para proyectarse hacia múltiples realizaciones didácticas que constituyen diversas mejoras potenciales, tales como intercambiar los roles de científico y naturaleza, establecer limitaciones para optar al descubrimiento de la ley o incentivar la resiliencia ante las leyes no descubiertas.

La decisión de intercambiar los roles de científico y naturaleza es una opción para variar las prácticas, favorecer una mejor comprensión de todas las facetas del juego y estimular la competencia, la motivación, la creatividad y la toma de decisiones. Otra alternativa es variar la estructura del juego, basada en uno (naturaleza) contra uno (científico), con otros formatos, tales como uno (equipo o persona) contra varios jugadores (equipos o personas) independientes, que compiten entre sí y contra la naturaleza.

La impulsividad de los estudiantes por jugar rápido y ganar (búsqueda de recompensa inmediata) y la desmotivación o el abandono, ante una ley difícil, son factores nocivos para pensar y aprender (Kahneman, 2012). La condición inicial de aceptar solo las ideas que aporten una razón o una evidencia de apoyo es una primera medida para inhibir la impulsividad, pero se podrían añadir otras, tales como planificar experiencias de juego graduadas, desde leyes sencillas a complicadas (la tabla 1 orienta respecto al grado de dificultad de las leyes), penalizaciones por no acertar o establecer un número mínimo de jugadas o hipótesis antes de proponer la ley. La intervención del profesorado, animando y dando pistas y andamios para llegar al éxito, son palancas adicionales para cultivar la resiliencia y la persistencia en la tarea.

Una alternativa motivadora general para el juego de cartas, que inhibe la impulsividad y promociona la resiliencia, podría establecer algún tipo de recompensas y penalizaciones (puntos, estrellas, etc.) a científicos y naturaleza, en el marco de una liga organizada en grupo para proclamar campeones del juego de descubrimiento y creación de leyes (en analogía con las citas de publicaciones científicas como indicadores de calidad de la investigación) para canalizar la competitividad de los estudiantes destacada por el profesorado (tabla 2).

El juego de cartas es un recurso multifacético, pero la transferencia principal para la práctica educativa es doble: un recurso didáctico para el aula que innova el aprendizaje de NdC y PCC y una metodología

para el desarrollo profesional docente. En el aula innova el aprendizaje analógico de competencias, a través del desarrollo de habilidades de pensamiento en la práctica científica: hacer (y responder) preguntas, buscar datos, identificar regularidades y patrones, tomar decisiones, crear hipótesis, predecir conclusiones, compartir ideas, argumentar en base a evidencia, discutir resultados y comunicar conclusiones (NGSS, 2013; Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2018). Estudiantes y profesorado practican y adquieren las destrezas de PCC cuando elaboran la coherencia entre evidencia y explicación con la argumentación, que es una potente vacuna contra la actual epidemia de desinformación y las pseudociencias (Fourez, 1994; Horn y Veermans, 2019; McIntyre, 2019). Este proceso innovador forma al profesorado en servicio para enseñar NdC y PCC con el bloque 1 del currículo escolar de ciencias (actividad científica) mediante una práctica cooperativa entre maestros, sobre la apropiación personal de los juegos, la elaboración del plan de actividades, los materiales, el desarrollo didáctico y las experiencias de aula (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2017b).

En cuanto a la práctica científica real, el carácter analógico del juego de cartas es una limitación constitutiva, que puede ser compensada proporcionando a los estudiantes ejemplos reales sobre descubrimientos científicos de leyes extraídos del currículo escolar, que les permita conectar el juego con los conceptos científicos como sugieren diversos trabajos (Abrahams, 2009; Abrahams y Millar, 2008; Abrahams y Reiss, 2012). En este caso, la lectura sobre el principio de Arquímedes es el instrumento didáctico para establecer las conexiones básicas para aprender significativamente.

Otra limitación ya mencionada de la experiencia es la impulsividad de los estudiantes por ganar el juego, que hace ignorar la guía o cumplimentarla solo parcialmente, con el consiguiente empobrecimiento de los procesos de pensamiento, ya que se piensa rápido en lugar de despacio (Kahneman, 2012). Para superar esta limitación real se sugiere postergar la cumplimentación de la guía al final del juego, como un proceso de metay auto-reflexión: los estudiantes reconstruyen sus jugadas y toman conciencia de sus errores, de las razones ignoradas y de las oportunidades perdidas en cada jugada. Todo ello puede aportar profundidad a la reflexión y contribuir a la comprensión global del proceso por todo el grupo, especialmente por los estudiantes menos participativos en el rápido proceso de decisiones.

REFERENCIAS

- Abd-El-Khalick, F. (2012). Examining the sources for our understandings about science: Enduring conflations and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34(3), 353-374. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.629013>
- Abrahams, I. (2009). Does Practical Work Really Motivate#? A study of the affective value of practical work in secondary school science. *International Journal of Science Education*, 789296667. <https://doi.org/10.1080/09500802342836>
- Abrahams, I., y Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work#? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 0693. <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Abrahams, I., y Reiss, M. J. (2012). Practical work: Its effectiveness in primary and secondary schools in England. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(8), 1035–1055. <https://doi.org/10.1002/tea.21036>
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A., y Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4, 202-225. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3801>
- Aguillon, S. M., Siegmund, G. F., Petipas, R. H., Drake, A. G., Cotner, S., y Ballen, C. J. (2020). Gender differences in student participation in an active-learning classroom. *CBE Life Sciences Education*, 19(2). <https://doi.org/10.187/CBE.19-03-0048/ASSET/IMAGES/LARGE/CBE-19-AR12-G003.JPG>
- Allchin, D. y Zemplén, G. Á. (2020). Finding the place of argumentation in science education: Epistemics and Whole Science. *Science Education*, 104, 907-933.

- Clark, D. B., Tanner-Smith, E. E., y Killingsworth S. S. (2016). Digital Games, Design, and Learning: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 86, 79–122.
- Cofré, H., Nuñez, P., Santibáñez, D., Pavez, J. M., Valencia, M., y Vergara, C. (2019). A critical review of students' and teachers' understandings of nature of science. *Science & Education*, 28, 205-248.
- Erduran, S., y Dagher, Z. R. (Eds.) (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories*. Springer.
- Fourez, G. (1994). *La construcción del conocimiento científico*. Narcea.
- García-Carmona, A. (2022). La naturaleza de la ciencia en el nuevo currículo de Educación Secundaria Obligatoria: ¿algún avance? VI Simposio Internacional de Enseñanza de las Ciencias SIEC 2022. <http://congresos.educacioneditora.net/index.php/SIEC/SIEC2022/schedConf/presentations>
- García-Mila, M., y Andersen, C. (2008). Cognitive foundations of learning argumentation. En S. Erduran y M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 29-45). Springer.
- Hofer, B. K. (2016). Epistemic cognition as a psychological construct: Advancements and challenges. En J. A. Greene, W. A. Sandoval y I. Bråten (Eds.), *Handbook of epistemic cognition* (pp. 19-38). Routledge.
- Holmes, N. G., Heath, G., Hubenig, K., Jeon, S., Kalender, Z. Y., Stump, E., y Sayre, E. C. (2022). Evaluating the role of student preference in physics lab group equity. *Physical Review Physics Education Research*, 18(1), 010106. <https://doi.org/10.1103/PHYSREVPHYSEDUCRES.18.010106/FIGURES/2/MEDIUM>
- Horn, S., & Veermans, K. (2019). Critical thinking efficacy and transfer skills defend against 'fake news' at an international school in Finland. *Journal of Research in International Education*, 18(1), 23–41. <https://doi.org/10.1177/1475240919830003>
- Kahneman, D. (2012). *Pensar rápido, pensar despacio*. Debate.
- Kalogiannakis, M., Papadakis, S., y Zourmpakis, A.-I. (2021). Gamification in Science Education. A Systematic Review of the Literature. *Education Sciences*, 11, 22. <https://doi.org/10.3390/educsci11010022>
- Khishfe, R. (2020). Explicit Instruction and Student Learning of Argumentation and Nature of Science. *Journal of Science Teacher Education*. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1822652>
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. En S. K. Abell y, N. G. Lederman (eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–879). Lawrence Erlbaum Associates.
- Lederman, N. G., y Lederman, J. S. (2019). Teaching and Learning of Nature of Scientific Knowledge and Scientific Inquiry: Building Capacity through Systematic Research-Based Professional Development. *Journal of Science Teacher Education*, 30(7), 737–762. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2019.1625572>
- Li, M-C., y Tsai, C-C. (2013). Game-Based Learning in Science Education: A Review of Relevant Research. *Journal of Science Education and Technology*, 22, 877-898.
- Manassero-Mas, M.A., y Vázquez-Alonso, A. (2019a). Conceptualización y taxonomía para estructurar los conocimientos acerca de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16, 3104. <https://orcid.org/0000-0001-5830-7062>
- Manassero-Mas, M. A. y Vázquez-Alonso, A. (2019b). Taxonomía de destrezas de pensamiento: un instrumento clave para la alfabetización científica. En M. D. Maciel y E. Albrecht (org.), *Ciência, Tecnologia y Sociedade: Ensino, Pesquisa e Formação* (pp. 17-38). Sao Paulo.
- Manassero-Mas, M. A., y Vázquez-Alonso, Á. (2020). Pensamiento científico y pensamiento crítico: competencias transversales para aprender. *Indagatio*, 12, 401-419. <https://doi.org/10.34624%2Fid.v12i4.21808>
- McDonald, C.V., y McRobbie, C.J. (2012). Utilising Argumentation to Teach Nature of Science. En B.J. Fraser, K.G. Tobin y C.J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 969-986). Springer.
- Mcintyre, L. (2019). *La actitud científica. Una defensa de la ciencia frente a la negación, el fraude y la pseudociencia*. Cátedra.
- Morris, B. J., Croker, S., Zimmerman, C., Gill, D., y Romig, C. (2013). Gaming science: the "Gamification" of scientific thinking. *Frontiers in Psychology*, 4, 607. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00607>

- NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. The National Academies Press.
- Quinn, K. N., Kelley, M. M., McGill, K. L., Smith, E. M., Whipps, Z., y Holmes, N. G. (2020). Group roles in unstructured labs show inequitable gender divide. *Physical Review Physics Education Research*, 16(1), 010129. <https://doi.org/10.1103/PHYSREVPHYSEDUCRES.16.010129/FIGURES/9/MEDIUM>
- Rudge, D. W. y Howe, E. M. (2009). An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. *Science & Education*, 18, 561–580. <https://doi.org/10.1007/s11191-007-9088>
- Saido, G. A. M., Siraj, S., DeWitt, D., y Al-Amedy, O. S. (2018). Development of an instructional model for higher order thinking in science among secondary school students: a fuzzy Delphi approach. *International Journal of Science Education*, 40(8), 847–866. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1452307>
- Simonneaux, L. (2014). From promoting the techno-sciences to activism – A variety of objectives involved in the teaching of SSIS. En L. Bencze y S. Alsop (Eds.), *Activist science and technology education* (pp. 99-112). Springer.
- Vázquez Alonso, Á., y Manassero Mas, M. A. (2012). 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. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2012.v9.i1.02
- Vázquez-Alonso, Á., y Manassero-Mas, M.-A. (2017a). 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. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v21i1.10364>
- Vázquez-Alonso, A., y Manassero-Mas, M.A. (2017b). Juegos para enseñar la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico. *Educar*, 53, 149-170. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.839>
- Vázquez-Alonso, Á., y Manassero-Mas, M. A. (2018). Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17, 309-336. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen17/REEC_17_2_02_ex1065.pdf

INFORMACIÓN ADICIONAL

Para citar este artículo: Manassero-Mas, M y Vázquez-Alonso, A. (2023) 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), 2202. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2202