



Aprender a pensar y actuar como científicos: juegos cooperativos en educación primaria

Learning to think and act as scientists: cooperative games in primary education

Ángel Vázquez-Alonso

Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca, España
angel.vazquez@uib.es
ORCID 0000-0001-5830-7062

María-Antonia Manassero-Mas

Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca, España
ma.manassero@uib.es
ORCID 0000-0002-7804-7779

Antoni J. Bennàssar Roig

Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca, España
abennassar@uib.cat
ORCID 0000-0001-7612-3937

Resumo:

Educar cidadãos cientificamente alfabetizados é o eterno objetivo da educação científica, e especialmente da orientação CTS. Um componente essencial (e difícil) desse objetivo é aprender como a ciência funciona, isto é, aprender a pensar e agir como cientistas. Este estudo apresenta uma experiência de orientação CTS para inovar a formação inicial de professores e do ensino de ciências no ensino primário através de jogos cooperativos, que tem como objetivo ensinar sobre a atividade científica, usando o pensamento científico e crítico para resolver problemas científicos e também da vida cotidiana. A experiência se baseia em jogo de dados, para prever o conteúdo da face oculta de um dado com base nas observações e regularidades identificados nas outras visíveis e tão caro que apenas são permitidas as respostas acompanhadas por prova ou evidência. Os professores prepararam os materiais de ensino para aplicações de sala de aula, coletaram os produtos das atividades e refletiram sobre sua experiência inovadora. Os resultados obtidos mostram que os alunos assumem as regras do jogo e atingem a aprendizagem proposto. A maioria dos estudantes produziu argumentos de qualidade e justificativas para as soluções obtidas para o problema, e alguns produtos tangíveis elaborados são discutidos. Os professores também valorizam positivamente experiência, pela satisfação e envolvimento dos alunos na sua realização, a metodologia cooperativa e brincalhão que se revelou muito produtiva para a reflexão e para que lhes permita desenvolver significativamente um tema difícil e esquecido do currículo que não requer aprendizagem prévia.

Palavras-chave: alfabetização científica; jogos sérios; natureza da ciência; formação de professores; educação primária.



Resumen:

Educar ciudadanos alfabetizados científicamente es el objetivo perenne de la educación científica, y especialmente de la orientación CTS. Un componente esencial de este objetivo es aprender cómo funciona la ciencia, es decir, aprender a pensar y actuar como científicos. Este estudio presenta una experiencia de orientación CTS para innovar la formación inicial de profesorado y la enseñanza de ciencias en educación primaria a través de juegos cooperativos, cuyo objetivo es enseñar acerca de la actividad científica, usando el pensamiento científico y crítico para resolver problemas científicos y también de la vida diaria. La experiencia usa el juego de dados, para predecir el contenido de la cara oculta de un dado basándose en las observaciones y regularidades identificadas en las otras caras visibles y de modo que solo se admiten respuestas que van acompañadas de pruebas o evidencias. Los profesores prepararon los materiales didácticos para las aplicaciones de aula, recogieron los productos de las actividades y reflexionaron sobre su experiencia innovadora. Los resultados obtenidos muestran que los estudiantes asumen las reglas del juego y logran los aprendizajes planteados. La mayoría de los estudiantes produjeron argumentos y justificaciones de calidad para las soluciones obtenidas al problema planteado, de las que se discuten algunos productos tangibles elaborados. Los profesores también valoran positivamente la experiencia por la satisfacción e implicación de los estudiantes en su realización, la metodología cooperativa y lúdica que resultó muy productiva para la reflexión y por permitirles desarrollar significativamente un tópico difícil y olvidado del currículo que no requiere aprendizajes previos.

Palabras clave: alfabetización científica; juegos serios; naturaleza de la ciencia; formación de profesores; educación primaria.

Summary:

Educating scientifically literate citizens is the perennial goal of science education, and specially of STS orientation. An essential (and difficult) component of this goal is to learn how science works, that is, to learn to think and act as scientists. This study presents a STS-based experience to innovate the initial teacher training and science education in primary education through cooperative games, whose objective is to teach about scientific activity, using scientific and critical thinking to solve scientific problems and also useful for daily life. The experience uses the game of dice, to predict the content of the hidden face of a cube based on the observations and regularities identified in the other visible faces and so that only responses that are accompanied by proofs or evidences are admitted. The teachers prepared the didactic materials for the classroom applications, collected the products of the activities and reflected on their innovative experience. The results show that the students assume the rules of the game and achieve the proposed learning. The majority of the students produced arguments and justifications of quality for the solutions obtained to the raised problem, and some tangible elaborated products are discussed. Further, teachers value positively the experience due to the satisfaction and involvement of students along its implementation, the cooperative and playful methodology that was very productive for reflection and for allowing them to significantly develop a difficult and forgotten topic of the curriculum that does not require prior learning.

Keywords: scientific literacy; serious games; nature of science; teacher training; primary education.



Introducción

Una amplia literatura sostiene que un objetivo principal de la ciencia escolar es educar a ciudadanos alfabetizados científicamente, es decir, preparados para vivir y desarrollarse en un mundo cada vez más impregnado de ciencia y tecnología (Millar, 2006). La literatura especializada propone dos componentes principales para la alfabetización científica (y tecnológica): la comprensión “de” la ciencia tradicional (conceptos, leyes, modelos y teorías y procesos) y la comprensión “sobre (como funciona)” la ciencia (Hodson, 2008).

Comprender cómo funciona la ciencia (conocimiento epistémico) en el mundo actual es un componente esencial de la alfabetización y un contenido innovador de los aprendizajes en la educación científica que se suele etiquetar como naturaleza del conocimiento científico y tecnológico y también es una propuesta de la orientación ciencia-tecnología- sociedad (CTS). Lograr este objetivo de alfabetización epistémica es muy difícil, especialmente cuanto más jóvenes son los estudiantes, de modo que la orientación competencial adoptada aquí consiste en hacer que los alumnos emulen como piensan y actúan los científicos a través de juegos, adaptados al nivel evolutivo de los estudiantes de primaria (Roberts, 2007).

Este estudio presenta una experiencia de orientación CTS para innovar la formación inicial de profesorado educación primaria en ciencias a través de su participación en el desarrollo de formación a través de materiales con el formato de juegos cooperativos cuyo objetivo es enseñar los contenidos epistémicos CTS del currículo de educación primaria sobre la actividad científica y cómo funciona la ciencia mediante metodologías explícitas (directas) y reflexivas (Deng, Chen, Tsai y Chai, 2011).

Contextualización teórica

Las investigaciones desarrolladas sobre el conocimiento epistémico, como componente esencial de la alfabetización científica (al lado de los conceptos) y más específicamente, sobre los denominados los denominados temas socio-científicos (cuestiones CTS con relevancia social), convergen en apuntar las grandes dificultades de los estudiantes para alcanzar los aprendizajes epistémicos propios de estas cuestiones CTSA (Bennássar, Vázquez, Manassero y García-Carmona, 2010; Erduran y Jiménez-Aleixandre, 2008; Sadler y Fowler, 2006).

El uso de los juegos serios (cuyo objetivo no sólo es lúdico, si no alcanzar aprendizajes curriculares) se propone como una vía eficaz y altamente motivadora para que los estudiantes puedan vencer las dificultades de los aprendizajes sistémicos. Los juegos ofrecen una analogía auténtica de las prácticas científicas, no solo porque replican los principios epistemológicos básicos aplicados por los científicos en la validación del conocimiento científico, sino también porque permiten simular la misma sociología de la ciencia de orientación CTS (cooperación y competencia entre los científicos) a través de la cooperación y competencia en el juego, de la misma manera que los científicos, a la vez, cooperan y compiten entre sí. Así, los juegos involucran realmente a los estudiantes en el aprendizaje de aspectos complejos acerca de la ciencia, que serían muy difíciles de afrontar por otras vías o metodologías de la enseñanza.



A la vez, los juegos son suficientemente flexibles, para permitir la adaptación de la demanda cognitiva planteada por el juego al nivel evolutivo de los estudiantes, que se puede graduar en distintos niveles de dificultad y complejidad (Vázquez y Manassero, 2017).

Por otro lado, dentro de la psicología el pensamiento crítico se ha definido como la capacidad para “saber qué pensar y qué hacer (actuar)”. Esta definición conecta el pensamiento crítico, como una competencia cognitiva transversal de alto nivel en cualquier contexto, con el pensamiento científico, es decir, el pensamiento puesto en juego por los científicos cuando investigan la naturaleza. El denominado pensamiento científico se identifica con el concepto de pensamiento crítico, como un conjunto de destrezas de pensamiento de alto nivel que se refinan y se aplican tanto a los problemas científicos y como también en la vida diaria de las personas. Estos contenidos de pensamiento implicados en los juegos son clave para el aprendizaje CTS, y, a la vez, útiles para la vida cotidiana porque son destrezas trasversales a la persona que una vez adquiridas puede utilizarlas en todas sus actividades (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2018).

Sin embargo, la investigación demuestra que enseñar y aprender estas destrezas de pensamiento, necesarias para pensar y actuar como científicos, tiene grandes dificultades. Por un lado, la falta de capacitación de los docentes para enseñar estos temas ha sido demostrada desde hace décadas; por otro lado, la carencia de materiales educativos apropiados para enseñar estos contenidos que no son habituales en la enseñanza de la ciencia ni siquiera son habituales en los libros de texto escolares para la educación científica, hace más difícil el logro de estos objetivos de aprendizaje (García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011).

Este estudio presenta una experiencia para afrontar ambas dificultades. El objetivo de la formación de los docentes de educación primaria a través de juegos cooperativos es desarrollar la comprensión de los docentes e información sobre los temas CTS del currículo de ciencias de primaria (apéndice 3). Este objetivo general se desarrolla en las siguientes ideas básicas (NGSS, 2013):

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

Por otro lado, otros objetivos apuntan a desarrollar las destrezas de pensamiento crítico:

1. Hacer preguntas y definir problemas
2. Desarrollar y usar modelos
3. Planificación y realización de investigaciones
4. Analizar e interpretar datos



6. Desenvolver explicações e desenhar soluções
7. Participar na argumentação baseada na evidência
8. Obtenção, avaliação e comunicação de informação

Metodologia

A metodologia geral seguida nesta experiência ajusta-se às propostas para ensinar este tipo de conteúdos aos estudantes persistentes na investigação e que requerem que o ensino centrado nos estudantes seja explícito (não indireto ou vicário) e reflexivo, dando oportunidades aos estudantes para refletir e discutir os seus dados e explicações (Deng et al., 2011).

Ademais, as atividades desenvolvem-se em pequenos grupos, ao mesmo tempo, cooperativos (colaboram e a procura de justificação da solução jogo) e competitivos (em oferecer a solução ou explicação mais rápida e melhor dos seus achados), rasgos que emulam a situação simultânea de cooperação (na construção do conhecimento) e competição (primacia descobertas, obtenção de apoios económicos para financiar a investigação, etc.) mútuas, que os próprios cientistas mantêm entre si na prática científica habitual.

Procedimentos

A experiência de inovação na formação docente em ciências para professores do ensino primário faz parte de um projeto mais amplo que tem um conjunto de procedimentos metodológicos e temporais ambiciosos refletidos na tabela 1.

Tabla 1. Procedimiento de innovación en la formación de docentes de primaria mediante juegos científicos

Formación básica 1r. trimestre	
Profesorado de ciencias	Investigadores expertos
Pre-test: evaluación de ideas previas (docentes del grado de primaria) En Los docentes elaboran su juego en grupo cooperativo	Pre-test: evaluación de ideas previas (maestros tutores) Seminario de formación CTS para maestros tutores
Preparación de materiales didácticos de juegos 2. trimestre	
Profesor ciencias	Investigadores expertos
Estudiantes de grado presentan sus juegos en grupo clase: los iguales y el profesorado realimentan mejoras del material	Maestros tutores reciben información sobre el material elaborado por sus practicantes



Escola de primaria (pràcticum) 2-3r. trimestre	
Docente praticante y maestro tutor preparan y aplican conjuntamente el juego en el aula	
Docente praticante	Maestro tutor
Aplica el juego, evalúa y recoge la producción de los estudiantes de primaria Post-test: evaluación de ideas de los estudiantes de grado	Maestro-tutor supervisa y apoya las tareas de aplicación y sistematización de resultados Post-test: evaluación de ideas de los maestros tutores
Puesta en común: mejora y refinamiento de materiales	

La experiencia presentada en este estudio se refiere a la transferencia al aula de los juegos realizada con alumnos reales y bajo la dirección de un maestro tutor de los alumnos, contemplada en la tercera etapa del procedimiento de formación descrita en la tabla 1. Además, por las limitaciones de espacio se concentrará en describir las experiencias realizadas con un tipo de juego concreto, el juego que utiliza los dados o cubos como material didáctico central de la experiencia.

Los apéndices 1 y 4 contienen la programación de aula y las instrucciones complementarias, que ofrecen sugerencias, y anticipan diversos cursos de acción y las potenciales respuestas de los estudiantes durante la actividad.



Figura 1. Un grupo de cuatro estudiantes en la actividad de averiguar razonadamente el número de la cara oculta del dado



Participantes

Los participantes de esta experiencia son aulas completas de estudiantes de sexto grado (12 años) de distintas escuelas de educación primaria, bajo la dirección de un maestro tutor y con la participación de un maestro en formación inicial, dentro de su etapa de prácticas escolares.

El número de estudiantes en las aulas es variable, aunque el promedio se sitúa en torno a 21 alumnos por aula, que trabajan en pequeños grupos de cuatro estudiantes sobre el problema planteado (figura 1).

Instrumentos

Los instrumentos utilizados para la aplicación en el aula de los juegos con los cubos o dados son los siguientes:

- Programación de aula para la lección correspondiente al juego con los dados o cubos (apéndice 1).
- Instrucciones complementarias para guiar los escenarios y procedimientos de la investigación con el juego de los dados o cubos (apéndice 4).
- Guía del juego para facilitar a los alumnos el registro de sus observaciones, argumentaciones y conclusiones (apéndice 2).
- Materiales didácticos formados por distintos cubos (apéndice 5)

Los dos primeros instrumentos forman parte de la formación del profesorado previa a la transferencia al aula de los juegos. Los profesores intervinientes en el aula se apropiaron de los contenidos, guiones y sugerencias contenidos en los documentos anteriores para orientar sus aplicaciones en el aula.

Resultados

Los resultados principales de esta experiencia son los productos elaborados por los maestros y los estudiantes durante la actividad de clase jugando con dados o cubos junto con algunos materiales gráficos. Debido a las limitaciones de espacio solamente se presentan aquí algunas muestras cualitativas de estos productos de la experiencia del juego.

Como se ha explicado anteriormente, esta experiencia forma parte de un proceso más amplio de formación del profesorado de primaria, de modo que ésta es la primera experiencia y más sencilla para abordar un tema tan complejo como es aprender algo sobre la naturaleza de la ciencia U los temas de ciencia, tecnología, sociedad y ambiente.

Como ejemplo de ilustración se trae aquí el juego con cubos o dados. Los juegos con cubos ofrecen una introducción a aspectos básicos de las prácticas científicas para validar conocimientos



y afrontar las posibles anomalías. El objetivo es predecir el contenido de la cara oculta de un cubo basándose en las observaciones y regularidades identificadas en las otras caras visibles. Los estudiantes trabajan en grupos para responder a la pregunta: ¿qué hay en la cara oculta del cubo?

Mediante discusión y elaboración grupal de sus observaciones, los estudiantes tratan de descubrir y verificar las regularidades observadas, solventar las objeciones y anomalías y realizar una predicción sobre el contenido de la cara oculta del cubo, y comprobar que la propuesta es compatible con lo observado.

La regla del juego es que solo se admiten respuestas que van acompañadas de pruebas o evidencias.

Los estudiantes recibieron una guía para ayudarles a organizar su trabajo de reflexión y argumentación en torno al problema planteado de justificar razonadamente el número desconocido que debería haber en la cara oculta del cubo. La guía es una pauta dividida en cinco etapas; la primera etapa es observar el cubo y el problema planteado; la segunda etapa correspondía a la elaboración por el grupo de las observaciones realizadas; la tercera etapa consistía en llegar a una conclusión, como respuesta o resolución del problema; la etapa cuarta pedía escribir la justificación de la conclusión alcanzada. En la última etapa se ponían en común para el grupo clase los resultados alcanzados por los distintos grupos de trabajo, revisando y discutiendo los aciertos y los errores en las justificaciones y observaciones (figura 2).

FASE 1: OBSERVAR	
L'equip observa el problema plantejat i posa en comú totes les observacions que va fent. Els ha d'escriure al requadre de la dreta.	<i>Totes veiem un tres a dalt Ivan: veu un 2 Abe: veu un 3 Laura: veu un 4</i>
FASE 2: ANALITZAR/RELACIONAR/INTERPRETAR LES OBSERVACIONS	<i>Han observat que totes les cares exposades sumen 7.</i>
Fase 3: CONCLUSIÓ	<i>A la part inferior del cubo es situen 4 puntets.</i>
FASE 4: JUSTIFICAR LA CONCLUSIÓ	<i>Es l'única xifra que falta: a més resultant 7-3 doncs 4.</i>
FASE 5: EXPOSICIÓ I POSADA EN COMÚ DE LES CONCLUSIONS. REVISIÓ I REFLEXIÓ DE CADA EQUIP.	

Figura 2. Guía organizadora del trabajo de un grupo de estudiantes con sus anotaciones para la argumentación y justificación de su respuesta al problema del dado



Uno de los pequeños grupos de trabajo de 4 estudiantes escribió las siguientes anotaciones en su guía (figura 2):

Observar. "Todos vemos un 3 arriba; Izan ve un 5; Abi ve un seis; Laura ve un 2; Sergi ve un 1." (las cifras están representadas por puntitos en la figura 2, porque el dado de trabajo de los estudiantes era un dado clásico en puntos negros).

Interpretar las observaciones. " hemos observado todas las caras opuestas suman siete"

Conclusión. " en la parte inferior del cubo debe haber 4 puntitos"

Justificación. Es la única cifra que falta, y además restando $7 - 3$ da 4.

Los estudiantes aplican estrictamente el trabajo cooperativo a la observación del dado, de modo que cada estudiante informa de la cifra correspondiente a la cara que tiene enfrente. La justificación de la conclusión es minimalista, pero los estudiantes reflejan en ella, de forma comprimida, los dos argumentos principales que ofrece un dado para llegar a la conclusión de la respuesta a la pregunta. Por un lado, el argumento de la seriación de los números y, por otro lado, las sumas de siete en las caras opuestas.

Una vez que finalizó el trabajo en los pequeños grupos de 4 estudiantes, cada grupo expuso al grupo clase sus justificaciones y conclusiones, que fueron grabadas en audio. Los textos siguientes son una pequeña muestra seleccionada de los distintos tipos de argumentaciones empleadas por los estudiantes para resolver el problema de averiguar el número que está en la cara invisible de un dado.

1. "Nosotros hemos descubierto el número porque en los dados normales, hoy en día, el seis siempre está al lado contrario del uno, y aquí el uno está arriba y significa que el seis tiene que estar abajo."
2. "Los números que se pueden ver en total suman 18, o sea, sumas 6 más 1 más 4 más 5 más 2... y un dado si sumas todos los lados daría 21... Por tanto, 21 menos 18, es 3, y el tres es el número que está en la cara de abajo."
3. "Cuando te fijas en el cubo, ves los números que están en sus caras... El 6, el 3, el 4, el 5, el 1... Entonces, como el cubo tiene seis caras, si vas del uno al seis, entonces falta el 2... Así que el que está debajo es el 2."
4. "Las caras paralelas del cubo siempre dan siete. Si tu sumas el 3 que está en esta parte, más el 4 que está en la parte opuesta dan siete; si tu sumas el 2 que está en esta parte, más el 5 que está en la otra parte también dan siete. Si tienes el 6 arriba y se lo restas a siete es el número 1, que es el que está en la parte de abajo". [La cara oculta que trataban de descubrir].
5. "Los números de las caras opuestas del estado son par e impar... Y arriba tenemos un 2... Y en la parte izquierda tenemos un 4 y un 6, que son números pares, y en la derecha de ese los impares que son el tres y el uno, y eso significa que abajo tiene que ser un impar, y por descarte de los números, tiene que ser el cinco. El número de la cara invisible es el cinco."



Las dos primeras argumentaciones de la lista corresponden a justificaciones con un cierto punto de no ser válidas, ya que los estudiantes no se han adaptado a la regla de oro del juego que sería basarse sólo en sus observaciones. En el primer caso, los estudiantes aluden a que ellos recuerdan de experiencias anteriores que los lados tienen enfrentados el número uno y el número seis, por lo tanto, si están viendo arriba el número uno, abajo tiene que estar el número seis. Análogamente, en el segundo caso el fallo es parecido, pues los estudiantes introducen un dato externo a la observación del momento (los estudiantes recuerdan que la suma de todas las caras de un dado es 21) y sobre ese dato externo, los estudiantes justifican su conclusión.

La argumentación número tres es la más clara y simple de las argumentaciones válidas para explicar una respuesta o solución a la pregunta planteada. La justificación central de este argumento está basada en la observación que los números visibles forman una serie, y que la serie está incompleta, razonando que el número que falta sería el número entero que completaría y daría sentido a la serie.

La argumentación reflejada en el número cuatro es, sin duda, la más brillante de todas por qué es la más compleja. Se basa en la observación de que las caras opuestas del cubo suman siete. En consecuencia, el número culto es el que le falta a la cara de arriba para sumar siete. La argumentación está reproducida literalmente de una grabación de audio, a partir de la exposición oral de un alumno, de modo que la exposición verbal añade a la brillantez del argumento, la excedencia de la claridad en la retórica verbal empleada por un alumno tan joven.

Finalmente, la última argumentación reproducida ofrece una combinación sofisticada entre las observaciones de la serie de números (el argumento más simple) y las observaciones sobre las diferentes combinaciones de números pares e impares entre las caras.

Los profesores encargados realizar la aplicación en el aula del juego con los dados informaron que la actividad había resultado muy estimulante y entretenida para sus estudiantes y útil para ellos mismos.

A continuación, se expone el texto escrito por uno de los profesores como evaluación de la actividad realizada con sus estudiantes.

“He de comentar que unas de las cosas que he encontrado más estimulantes y más interesantes ha sido el hecho de trabajar actividades del mismo estilo o verosímiles, a las que nos enfrentamos en momentos y situaciones puntuales.

La experiencia en conjunto ... me ha parecido muy positiva y ha puesto valor a pequeñas actividades que pueden resultar herramientas mucho más útiles de lo que parecen a primera vista.”

En el primer párrafo el profesor resalta la conexión entre las actividades realizadas activar el pensamiento y su conexión con las situaciones habituales de la vida diaria. En el segundo párrafo, el profesor manifiesta una cierta sorpresa al valorar la utilidad de las actividades por encima de las expectativas de podría haber tenido antes de realizar la experiencia.



Conclusiones

Los juegos serios (cuyo objetivo es un aprendizaje curricular, no la mera diversión) ricos en este estudio son analogías de la actividad científica que permite a los estudiantes lidiar auténtica y directamente (en el nivel cognitivo propio de cada nivel o edad) con conocimientos epistémicos profundos acerca de la actividad de los científicos, que son contenidos genuinamente CTS. El juego es una herramienta potente para acercar a los estudiantes, especialmente a los más jóvenes, a estos conocimientos complejos, mediante la gamificación de las actividades de enseñanza y aprendizaje. Además, el juego estimula la participación y motiva y divierte a los estudiantes, que son capaces de aprender así contenidos áridos y cuya alta demanda cognitiva los convierte en contenidos muy difíciles de enseñar y aprender por otros métodos más tradicionales (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2017).

Los juegos, para emular la actividad de los científicos, se desarrollan, además, como actividades en grupo cooperativo, aunque también pueden asignarse como actividades individuales. La metodología de grupos cooperativos de iguales trabajando para aprender por sí mismos es muy eficaz, especialmente para las actividades que exigen procesos de reflexión y argumentación y también para la formación del profesorado (Abd-el-Khalick y Akerson, 2009).

Por otro lado, la actividad en pequeños grupos cooperativos emula también bastante genuinamente las dos características principales del trabajo de los científicos, a saber, el trabajo en equipo, que es, a la vez, cooperativo y competitivo. Análogamente, el trabajo realizado por los estudiantes para resolver el problema del dado también es de colaboración en equipo y moderadamente competitivo para obtener la solución más rápida o mejor. Los estudiantes cooperan en un pequeño grupo para obtener una solución al problema planteado y, después, rivalizan con el resto de la clase para lograr que su explicación al problema planteado sea la mejor fundamentada.

La ventaja más importante del juego es que los estudiantes no necesitan conocimientos previos para jugar e implicarse en las actividades (sólo se necesita colaborar y pensar con profundidad), y se evita así un escollo importante identificado en la investigación para aprender sobre CTS (Deng et al., 2011).

Otra ventaja de los juegos es que los diferentes diseños del juego permiten adaptar las actividades derivadas del mismo a diversos niveles de dificultad e interés (en el apéndice 5 se puede ver otro modelo de cubo más sofisticado). Este estudio se ha centrado en el trabajo básico con un dado común y conocido por todos, como actividad introductoria para enseñar acerca de la actividad científica; por ello, la actividad puede parecer simple y hasta ingenua. Sin embargo, la motivación e implicación de los estudiantes en la resolución de esta tarea demuestran que la actividad fue provechosa y eficaz para aprendizaje de los estudiantes y la formación del profesorado. El objetivo en el futuro es desarrollar actividades con cubos más sofisticadas y desarrollar también otros juegos cuyos objetivos educativos acerca de la actividad científica son diferentes a los objetivos planteados con el juego introductorio del dado.



Agradecimientos

Proyecto EDU2015-64642-R (AEI / FEDER, UE) financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Proyectos de innovación orientados a la formación inicial docente 2017, Institut de Recerca i Innovació Educativa (IRIE) de la Universitat de les Illes Balears (UIB).

Referencias

- Abd-el-Khalick, F. y Akerson, V. (2009). The Influence of Metacognitive Training on Preservice Elementary Teachers' Conceptions of Nature of Science. *International Journal of Science Education*, 31, 2161–2184.
- Bennássar, A., Vázquez, A., Manassero M. A., y García-Carmona, A. (Coord.). (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid: OEI. Recuperado de www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf
- Deng, F., Chen, D.T., Tsai, C.C. y Chai, C.S. (2011). Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research. *Science Education*, 95, 961–999.
- Erduran, S., y Jiménez-Aleixandre, M. P. (Eds.) (2008). *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*. New York: Springer.
- García-Carmona, A., Vázquez, A., y Manassero, M.A. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 28, 403-412.
- Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy: A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Millar, R. (2006). Twenty First Century Science: insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499-1521.
- NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Sadler, T. D., y Fowler, S. R. (2006). A Threshold Model of Content Knowledge Transfer for Socioscientific Argumentation Knowledge. *Science Education*, 90, 986–1004.
- Roberts, D. (2007). Scientific literacy/science literacy. En S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729-780). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Vázquez, Á. y Manassero, M. A. (2017). Juegos para enseñar la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico. *Educación*, 53, 149-170.
- 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.



Apêndice 1

Plan de unidad didáctica / secuencia de enseñanza aprendizaje sobre el juego de los dados

TÍTULO INVESTIGANDO DADOS	Nº SESIONES	2
JUSTIFICACIÓN / DESCRIPCIÓN GENERAL (resumen) La ciencia se distingue de otras formas y cuerpos de conocimiento porque usa sistemáticamente elevados estándares empíricos, argumentos lógicos de calidad y un escepticismo continuo, ya que los científicos se esfuerzan por lograr la mejor explicación posible sobre el mundo natural. En la primera parte de la actividad el profesor utiliza un dado (cubo numerado 1-6) para involucrar a los estudiantes en responder la pregunta, ¿qué hay en el fondo, la cara oculta? Y los estudiantes proponen una explicación basada en sus observaciones. El profesor presenta a los estudiantes un segundo cubo y les pide otra vez que usen la evidencia disponible para proponer una explicación de lo que hay en la cara inferior oculta.	NIVEL/ ETAPA	Primaria
	CURSO	Grado 6
RELACIÓN CON EL CURRÍCULO Investigaciones y explicaciones científicas. Las explicaciones científicas enfatizan la evidencia, tienen argumentos lógicamente consistentes, y utilizan principios científicos, modelos y teorías.	ÁREA	Ciencias
	BLOQUE	Actividad científica
COMPETENCIA(S) BÁSICA(S) Competencia científica Conexión lógica entre evidencia, explicación científica y modelos teóricos.		
OBJETIVOS Identificar cuestiones que pueden ser respondidas a través de investigaciones científicas, Diseñar y llevar a cabo una investigación científica, Recoger, analizar e interpretar datos usando herramientas y técnicas apropiadas, Desarrollar descripciones, explicaciones, predicciones y modelos utilizando evidencias, Pensar críticamente y lógicamente para establecer relaciones entre la evidencia y las explicaciones, Reconocer y analizar explicaciones alternativas y predicciones, y Comunicar los procedimientos y las explicaciones científicas.		
REQUISITOS Distinguir evidencias de observación e inferencias		



Tiempo	ACTIVIDADES (Alumnado / Profesorado)	Metodología/ organización	Material/ Recursos
15'	ENGANCHAR Introducción-motivación Responden (anotar en pizarra) / ¿Cómo trabajan los científicos?	Toda la clase	Verbal
15'	ELICITAR Conocimientos previos Responden (anotar en pizarra) / ¿Cómo describirían una investigación científica?	Toda la clase	Verbal
5'	Actividades de Desarrollo EXPLICAR Contenidos Exploran el cubo 1 para responder a la pregunta / ¿Qué hay en la cara base del cubo 1?	Alumnos en grupos de 4	Cubo 1*
10'	EXPLICAR Procedimientos Escriben datos observados del cubo 1 / Supervisa	Alumnos en grupos de 4	Cubo 1*
15'	EXPLICAR Actitudes Cada estudiante propone explicaciones / Supervisa El grupo elabora su lista de explicaciones / Regula discusiones	Alumnos en grupos de 4	Cubo 1*
50'	EXPLORAR Consolidación Cada grupo presenta datos, explicaciones y argumenta su respuesta / Diferenciar explicaciones basadas en evidencias de las no basadas Preguntan y escuchan / Respuesta y explicaciones	Toda la clase	Cubo 1*
5'	Evaluar Instrumentos (seleccionar cuestiones del COCTS para evaluar) COCTS / (para esta edad pueden adaptarse las cuestiones aplicadas) Criterios/indicadores	Pre-post test Pre-post test Pre-post test Pre-post test	70231 90211 90411 90511 90521 90541 90611 90621 90711 91011
5'	Calidad y corrección de los argumentos / EXTENDER Exploran el cubo 2 para responder a la pregunta / ¿Qué hay en la cara base del cubo 2?	Pre-post test Pre-post test	Cubo 2*
5'	EXTENDER Actividades de recuperación	Alumnos en grupos de 4	Cubo 2*



20'	Escriben datos observados del cubo 2 / Supervisa Cada estudiante propone explicaciones / Supervisa EXTENDER Actividades de ampliación El grupo elabora su lista de explicaciones / Regula discusiones	Alumnos en grupos de 4	Cubo 2*
60'	Cada grupo presenta datos, explicaciones y argumenta su respuesta / Diferenciar explicaciones basadas en evidencias de las no basadas Preguntan y escuchan / Respuesta y explicaciones	Toda la clase	Cubo 2*
EVALUACIÓN/REFLEXIÓN SOBRE LA PRÁCTICA DOCENTE			

* Hay documento(s) adicional(es) que desarrollan el tema.



Apêndice 2

Guía para organizar las actividades de observación, aumentación justificación de los estudiantes en el juego del dado

Guía para juegos

ETAPA 1 Observar	El equipo observa el problema planteado y pone en común todos los hallazgos realizados escribiéndolos al lado.	
ETAPA 2 Analizar / relacionar / interpretar las observaciones	El equipo elabora las observaciones realizadas; escribe los análisis, las relaciones e interpretaciones sobre los datos obtenidos.	
ETAPA 3 Conclusión	El equipo escribe la conclusión obtenida.	
ETAPA 4 Justificar la conclusión	El equipo elabora/argumenta las pruebas, razones o causas que justifican la conclusión obtenida.	
ETAPA 5 Puesta en común en el grupo clase de resultados y conclusiones. Los equipos reflexionan/revisan sus aciertos y errores.	El grupo-clase elabora/argumenta las pruebas, razones o causas que justifican la conclusión obtenida por el grupo.	



Apêndice 3

Currículo básico de la asignatura Ciencias de la Naturaleza de la educación primaria (6-12 años) relativo al bloque 1 (iniciación a la actividad científica); en negrita se resaltan los aspectos más relacionados con la actividad de los datos o cubos.

Bloque 1. Iniciación a la actividad científica		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<p>Iniciación a la actividad científica. Aproximación experimental a algunas cuestiones.</p> <p>Utilización de diferentes fuentes de información (directas, libros). Lectura de textos propios del área. Utilización de las tecnologías de la información y comunicación para buscar y seleccionar información, simular procesos y presentar conclusiones. Hábitos de prevención de enfermedades y accidentes, en el aula y en el centro. Utilización de diversos materiales, teniendo en cuenta las normas de seguridad.</p>	<p>1. Obtener información relevante sobre hechos o fenómenos previamente delimitados, haciendo predicciones sobre sucesos naturales, integrando datos de observación directa e indirecta a partir de la consulta de fuentes directa e indirectas y comunicando los resultados.</p> <p>2. Establecer conjeturas tanto respecto de sucesos que ocurren de una forma natural como sobre los que ocurren cuando se provocan, a través de un experimento o una experiencia.</p> <p>3. Comunicar de forma oral y escrita los resultados obtenidos tras la realización de diversas experiencias, presentándolos con apoyos gráficos.</p>	<p>1.1. Busca, selecciona y organiza información concreta y relevante, la analiza, obtiene conclusiones, comunica su experiencia, reflexiona acerca del proceso seguido y lo comunica oralmente y por escrito.</p> <p>1.2. Utiliza medios propios de la observación.</p> <p>1.3. Consulta y utiliza documentos escritos, imágenes y gráficos. 1.4. Desarrolla estrategias adecuadas para acceder a la información de los textos de carácter científico.</p> <p>2.1. Manifiesta autonomía en la planificación y ejecución de acciones y tareas y tiene iniciativa en la toma de decisiones. 3.1. Utiliza, de manera adecuada, el vocabulario correspondiente a cada uno de los bloques de contenidos.</p> <p>3.2. Expone oralmente de forma clara y ordenada contenidos relacionados con el área manifestando la comprensión de textos orales y/o escritos.</p> <p>4.1. Usa de forma autónoma el tratamiento de textos (ajuste de página, inserción de ilustraciones o notas, etc.). 4.2. Hace un uso adecuado de las tecnologías de la información y la comunicación como recurso de ocio. 4.3. Conoce y utiliza las medidas de protección y seguridad personal que debe utilizar en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación. 4.4. Presenta los trabajos de manera ordenada, clara y limpia, en soporte papel y digital.</p>



<p>Trabajo individual y en grupo. Técnicas de estudio y trabajo. Desarrollo de hábitos de trabajo. Esfuerzo y responsabilidad.</p> <p>Planificación de proyectos y presentación de informes.</p> <p>Realización de proyectos.</p>	<p>4. Trabajar de forma cooperativa, apreciando el cuidado por la seguridad propia y de sus compañeros, cuidando las herramientas y haciendo uso adecuado de los materiales.</p> <p>5. Realizar proyectos y presentar informes.</p>	<p>4.5. Utiliza estrategias para realizar trabajos de forma individual y en equipo, mostrando habilidades para la resolución pacífica de conflictos.</p> <p>4.6. Conoce y respeta las normas de uso y de seguridad de los instrumentos y de los materiales de trabajo.</p> <p>5.1. Realiza experiencias sencillas y pequeñas investigaciones: planteando problemas, enunciando hipótesis, seleccionando el material necesario, realizando, extrayendo conclusiones, y comunicando los resultados.</p> <p>5.2. Realiza un proyecto, trabajando de forma individual o en equipo y presenta un informe, utilizando soporte papel y/o digital, recogiendo información de diferentes fuentes (directas, libros, Internet), con diferentes medios y comunicando de forma oral la experiencia realizada, apoyándose en imágenes y textos escritos.</p>
--	---	--



Apêndice 4

Orientaciones didácticas para el profesor sobre el escenario y guión de la investigación con un cubo

Esta actividad está diseñada para dar a los estudiantes una breve introducción a los principales aspectos de la investigación científica. Se debe proceder a través de la actividad a un ritmo constante. No permita que los estudiantes pasen mucho tiempo en cualquier aspecto particular del modelo. Los patrones en los diferentes cubos son de diferentes niveles de dificultad para adaptarse a los diferentes grados de los estudiantes.

Guión	Sugerencias adicionales
1. Los estudiantes forman grupos de cuatro. Anunciar que los estudiantes realizarán una investigación propia.	Designar a un alumno de cada equipo para anotar las preguntas del equipo, las observaciones y conclusiones.
2. Coloque los cubos en el centro de las mesas donde los estudiantes están trabajando sin mostrar la parte inferior. Los científicos a menudo no tienen forma de "ver" los fenómenos que están investigando.	Todos los cubos deben tener la misma cara en la parte inferior (2).
3. Los estudiantes no deben girar o levantar los cubos para ver la cara inferior. Es muy importante que los estudiantes hagan observaciones sólo sobre lo que puede ver el cubo. Los estudiantes deben mover comunicar sus observaciones con otros miembros del equipo para aprender más sobre el cubo.	Puede hacer la experiencia más auténtica pegando la parte inferior de los cubos a un trozo de cartón.
4. Diga a los estudiantes que tienen que responder a la pregunta. ¿Que se halla en el fondo del cubo? Sus respuestas deben ir acompañadas de pruebas. También debe incluir una explicación de cómo se llegó a una respuesta.	¿Qué queremos decir o qué significa el concepto de "prueba"?
5. Pida a los estudiantes en cada grupo que hagan observaciones y registren los datos de cada uno. Luego pídale que compartan sus observaciones. Cada estudiante en el grupo puede verbalizar sus observaciones; un estudiante recopila todos los datos del grupo en la guía. Con ello se pretende simular los científicos que trabajan juntos y comparten datos.	Ejemplos de observaciones probables de los estudiantes (para el cubo con números 1 a 6): <ul style="list-style-type: none">• El cubo tiene seis caras.• El cubo tiene cinco caras expuestas.• Las caras muestran los números 1, 3, 4, 5 y 6.• Los números en los lados opuestos suman 7.• Los números son de color. Etc.
6. Basados en sus observaciones, los estudiantes en cada grupo deben ser capaces de averiguar el patrón en el cubo, y por lo tanto deducir lo que está en la cara inferior. Cada grupo deberá elaborar un informe escrito de la respuesta sugerida, el patrón correspondiente y la explicación (guía).	¿Cómo crees que una explicación basada en "pruebas" es diferente de otras explicaciones?



<p>7. Los grupos presentan su respuesta a la clase, incluyendo el patrón que discernieron, y la forma que motivó formular ese patrón.</p> <p>Si los diferentes grupos llegan a respuestas diferentes, todos los diferentes puntos de vista deben ser presentados. A continuación, dos escenarios son posibles. Algunos grupos pueden haber inferido patrones que son, evidentemente, incompatibles con los datos. Aquí, se puede destacar la importancia de la evidencia en el apoyo o el debilitamiento de una conclusión determinada, pidiendo a los estudiantes que identifiquen cómo un cierto patrón es consistente o incompatible con los datos.</p> <p>Si todos los grupos vienen con la misma respuesta, puede iniciar un debate sobre el papel de la evidencia (o la observación) para decidir el modelo, y cómo las respuestas fueron consistentes con los datos disponibles.</p> <p>En otros casos, dos o más patrones distintos pueden ser igualmente compatibles con los datos, y en consecuencia, legítimos. En este último caso, puede discutir con los estudiantes si es posible decir qué es "correcto" y qué es "equivocado". Si las explicaciones diferentes son compatibles con toda la evidencia disponible, �es posible determinar cual podrá corresponder a la respuesta en la parte inferior de los cubos, que no podemos ver?</p>	<p>Utilice esta discusión como una oportunidad para dejar claro que una explicación se ve reforzada por el apoyo de más de un tipo de observación o de la línea de razonamiento.</p> <p>Por ejemplo, los estudiantes pueden razonar que el número 2 está en el fondo del cubo, porque ese número no se encuentra en la secuencia 1, 3, 4, 5, 6. La observación de que los números en los lados opuestos del cubo suman siete ($1 + 6, 3 + 4, y + 5 = 7$) también apoya la explicación de que 2 es el fondo del cubo. Pida a los alumnos si están convencidos de que su respuesta es correcta, y para explicar por qué o por qué no. Haga hincapié en que la respuesta debe ser coherente con todas las pruebas. También se podrá extender la discusión preguntando si se hay alguna prueba que est� en contradicción con la respuesta.</p>
<p>8. Solicite a los equipos que expliquen y comparen por qué la investigación de un cubo puede ser similar a una investigación científica. Las respuestas de los estudiantes varían.</p>	<p>Algunos pueden sugerir que la investigación científica trata de hacer observaciones y llegar a explicaciones basadas en pruebas. Otros pueden señalar que su investigación no era científica, porque no fueron capaces de llevar a cabo un experimento para ver lo que estaba en el fondo del cubo.</p>
<p>9. Explique que diferentes investigaciones científicas pueden requerir enfoques diferentes. Algunas usan experimentos de laboratorio, mientras que otras no lo hacen. En algunas investigaciones, la realización de experimentos no puede ser una opción porque no es posible manipular el fenómeno en estudio. En tales casos, los investigadores pueden continuar haciendo observaciones y mediciones que se pueden abordar la cuestión.</p>	<p>Ejemplos de estudios que no pueden experimentar se encuentran en las ciencias del comportamiento o la salud (los investigadores pueden estudiar la influencia de factores en la salud de la población - tales como la nutrición y la actividad física - pero no manipularlos; Otros ejemplos se encuentran en los estudios ecológicos, o de los patrones de enfermedad o la evolución de las galaxias.</p>
<p>10. Concluya la actividad recogiendo los cubos sin dejar que los alumnos vean la cara inferior. Si los estudiantes se quejan porque quieren ver el fondo del cubo, explicar que el proceso de investigación científica a menudo no proporciona una respuesta definitiva a una pregunta. Los resultados de la investigación proporcionan una posible explicación que es consistente con las pruebas disponibles. La investigación puede sugerir preguntas adicionales que, cuando son respondidas, pueden conducir a una explicación mejor.</p>	<p>También puede considerar permitir a los estudiantes ver el fondo del cubo.</p>



Apêndice 5

Modelos de dados propostos al profesorado para trabajar el juego en el aula; el primero es un dado común sencillo e introductorio, mientras el segundo plantea una mayor demanda cognitiva para los estudiantes.

