



EDUCAR

ISSN: 0211-819X

educar@uab.cat

Universitat Autònoma de Barcelona
España

Vázquez-Alonso, Ángel; Manassero-Mas, María Antonia
Juegos para enseñar la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico
EDUCAR, vol. 53, núm. 1, 2017, pp. 149-170
Universitat Autònoma de Barcelona
Barcelona, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=342149105009>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Juegos para enseñar la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico

Ángel Vázquez-Alonso
María Antonia Manassero-Mas

Universitat de les Illes Balears. España.
angel.vazquez@uib.es
ma.manassero@uib.es



Recibido: 2/1/2016
Aceptado: 27/4/2016
Publicado: 23/12/2016

Resumen

La naturaleza del conocimiento científico y tecnológico constituye un componente esencial de la alfabetización en ciencias o de la competencia científica, y por eso sus contenidos innovadores se están incorporando a los currículos de ciencias actuales. La enseñanza de esos contenidos afronta importantes dificultades, la más notoria de las cuales es la carencia de materiales educativos apropiados para el aprendizaje de los estudiantes. Este artículo presenta materiales didácticos actuales diseñados con el formato de juegos para la enseñanza de la naturaleza del conocimiento científico en las aulas. Los juegos se presentan sistematizados en grupos (rompecabezas, cubos, juegos de cartas, cajas negras y escenarios), con algunas directrices generales y un resumen de orientaciones acerca de cada juego ejemplar. Los diversos juegos ofrecen una analogía auténtica de las prácticas científicas y a través de la participación, sin requisitos previos, los estudiantes comprenden algunos aspectos complejos acerca del funcionamiento de la ciencia y la tecnología según el tipo de juego practicado. Finalmente, se reflexiona sobre la eficacia de los juegos para la enseñanza de la naturaleza del conocimiento científico a partir de las recomendaciones de la investigación didáctica y los tradicionales factores que se oponen a las innovaciones educativas.

Palabras clave: naturaleza del conocimiento científico y tecnológico; juegos de enseñanza; enseñanza de la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico

Resum. Jocs per ensenyar la naturalesa del coneixement científic i tecnològic

La naturalesa del coneixement científic i tecnològic constitueix un component essencial de l'alfabetització en ciències o de la competència científica, i per això els seus continguts innovadors s'estan incorporant als currículums de ciències actuals. L'ensenyament d'aquests continguts afronta importants dificultats, la més notòria de les quals és la manca de materials educatius apropiats per a l'aprenentatge dels estudiants. Aquest article presenta materials didàctics actuals dissenyats amb el format de jocs per a l'ensenyament de la naturalesa del coneixement científic a les aules. Els jocs es presenten sistematitzats en grups (trencaclosques, cubs, jocs de cartes, caixes negres i escenaris), amb algunes directrius generals i un resum d'orientacions sobre un joc exemplar. Els diversos jocs ofereixen una analogia autèntica de les pràctiques científiques i a través de la participació, sense requisits previs, els estudiants comprenen diversos aspectes complexos sobre el funciona-

ment de la ciència i la tecnologia segons el tipus de joc practicat. Finalment, es reflexiona sobre l'eficàcia dels jocs per a l'ensenyament de la naturalesa del coneixement científic a partir de les recomanacions de la investigació didàctica i els tradicionals factors que s'oposen a les innovacions educatives.

Paraules clau: naturalesa del coneixement científic i tecnològic; jocs d'ensenyament; ensenyament de la naturalesa del coneixement científic i tecnològic

Abstract. *Games for teaching the nature of scientific and technological knowledge*

The nature of scientific and technological knowledge is an essential component of scientific literacy or science competence and form part of the current science curricula as innovative content. Due to the lack of appropriate educational materials, however, teaching such concepts in the classroom is a major challenge. This paper presents up-to-date materials that are designed using a game format for teaching the nature of scientific knowledge within the classroom. Examples of different types of games are presented (jigsaw puzzles, cubes, card games, black boxes and scenarios) along with guidelines and orientations for their use. The games offer an authentic analogy of scientific practices and through participation, without prerequisites, the students are able to understand some complex aspects about the working of science and technology depending on the type of game at play. Finally, some reflections are made regarding the effectiveness of the materials for teaching the nature of scientific knowledge based on proposals in science education research and the traditional factors opposing educational innovations.

Keywords: nature of scientific and technological knowledge; teaching games; teaching the nature of scientific and technological knowledge

Sumario

- | | |
|---|------------------------------|
| 1. Introducción | 6. Juegos con cubos |
| 2. La educación mediante el juego | 7. Juegos de naipes |
| 3. Metodología | 8. Juegos de caja negra |
| 4. Resultados: sistematización de los juegos para enseñar NdCyT | 9. Situaciones y escenarios |
| 5. Juegos de rompecabezas | 10. Discusión y conclusiones |
| | Referencias bibliográficas |

1. Introducción

La ciencia y la tecnología (CyT) tienen una presencia ubicua, notoria y significativa en las sociedades del conocimiento actuales, hasta el punto que constituyen auténticas culturas en el sentido más etnológico del término. Por ello, la alfabetización en CyT se ha convertido hoy en el objetivo básico empleado para describir una educación científica centrada en los aspectos competenciales (competencia científica) que permitan el pleno acceso de todos a la cultura en CyT, que por supuesto debe superar, y tal vez olvidar, el tradicional enfoque de «ciencia para científicos» en una nueva propuesta de «ciencia para todos, y muy especialmente para todas» (Millar, 2006).

La nueva frontera de la alfabetización es lograr en todos (inclusión) una comprensión básica sobre CyT, más holística y funcional, que sea útil y relevante para todos los ciudadanos como consumidores de información científica que les permite tomar y participar en decisiones cotidianas, tanto personales como sociales; y para una minoría, como productores de educación científica. La alfabetización en CyT se considera formada por dos componentes relacionados: los conocimientos «de» CyT (los tradicionales conceptos, hechos, principios y procesos de CyT, que forman el cuerpo de leyes, teorías y procedimientos científicos), y los conocimientos «acerca» de CyT como una forma de conocer (como funcionan la CyT para validar sus conocimientos o intervenir en la sociedad), donde se incluye la formación en los valores éticos y ciudadanos que CyT pone en juego cuando sus productos, cognitivos y técnicos, interactúan con la sociedad (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005).

Este segundo componente de la alfabetización se ha denominado «naturaleza de la ciencia (NdC)», aunque debería denominarse más exactamente «naturaleza del conocimiento científico» (Lederman, 2007). Además, dada la profunda imbricación actual entre CyT, los aspectos científicos y tecnológicos forman un continuo interrelacionado que permite ampliar el lema NdC como «naturaleza de ciencia y tecnología» (NdCyT). La NdCyT es un conjunto de complejos metaconocimientos, polifacéticos e interdisciplinarios, evolutivos y cambiantes, acerca de las prácticas científicas y tecnológicas (funcionamiento, métodos, valores, comunidad científica, relaciones entre CyT y con la sociedad, etc.), que han ido surgiendo de las reflexiones interdisciplinarias realizadas por los especialistas en historia, filosofía y sociología de la CyT, así como por científicos y expertos en didáctica de las ciencias sobre las prácticas de científicos y tecnólogos (Vázquez y Manassero, 2012a, 2012b; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004).

En coherencia, los temas de NdCyT han sido incorporados desde hace años a los currículos escolares de numerosos países, y esta innovación es el reto más arduo de la educación científica (Vázquez y Manassero, 2007; Vázquez et al., 2005). En los estándares de la ciencia para la próxima generación (NGSS Lead States, 2013), la naturaleza de la ciencia aparece como una categoría transversal a las dos primeras dimensiones de la terna básica (prácticas científicas e ingenieriles, conceptos transversales e ideas centrales de las disciplinas científicas). En la primera dimensión (prácticas) los temas de NdCyT son:

- a) Las investigaciones científicas usan una variedad de métodos.
- b) El conocimiento científico está basado en evidencias empíricas.
- c) El conocimiento científico está abierto a la revisión sobre la base de nuevas evidencias.
- d) Las leyes, mecanismos, modelos y teorías científicas explican los fenómenos naturales.

En esta primera dimensión se proponen ocho prácticas destinadas a fortalecer y desarrollar las habilidades individuales de los estudiantes, y también la comprensión de la naturaleza de la ciencia y la ingeniería, que son:

1. Hacer preguntas y definir problemas
2. Desarrollar y utilizar modelos
3. Planificar y realizar investigaciones
4. Analizar e interpretar datos
5. Usar matemáticas y pensamiento computacional
6. Construir explicaciones y diseñar soluciones
7. Participar en argumentar a partir de la evidencia
8. Obtener, evaluar y comunicar información

En la segunda dimensión (conceptos transversales) los temas de NdCyT son:

- a) La ciencia es una vía hacia el conocimiento.
- b) El conocimiento científico supone la existencia de orden y consistencia en los sistemas naturales.
- c) La ciencia es un esfuerzo humano.
- d) La ciencia plantea cuestiones acerca del mundo natural y material.

El currículo español actual introduce también estos elementos principalmente en las materias y asignaturas de ciencias de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato, aunque de una manera menos organizada y estructurada, y frecuentemente confundida con los procesos de indagación científica (Vázquez y Manassero, 2016, en prensa).

Los juegos que se presentan en este estudio contribuyen al desarrollo de las ocho destrezas prácticas y los cuatro conceptos transversales detallados en los párrafos anteriores, como se explica brevemente en la descripción de cada juego.

La enseñanza de NdCyT constituye una innovación educativa muy importante en la enseñanza de la ciencia, y, como indican las teorías sobre innovaciones educativas, su implantación tiene una serie de dificultades generales, conocidas y comunes (inercia del sistema, resistencia al cambio, escasa formación del profesorado, carencia de materiales de enseñanza apropiados, etc.). Para mejorar esta implantación, muchos estudios han investigado los enfoques más eficientes para enseñar NdCyT con dos estrategias básicas en disputa: implícita y explícita.

Evaluaciones recientes sugieren que los enfoques explícitos parecen producir mayores evidencias de eficacia que los enfoques implícitos (Acevedo, 2009; Deng, Chen, Tsai y Chai, 2011; García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011; Lederman, 2007). La enseñanza explícita de NdCyT consiste en la planificación clara de objetivos, contenidos, actividades y evaluación. Además, la mayoría de especialistas sugieren la implementación de actividades de

reflexión metacognitiva sobre temas de NdCyT, que debe involucrar la argumentación como segunda condición para conseguir eficacia en la enseñanza de NdCyT (Abd-el-Khalick y Akerson, 2009; Deng et al., 2011).

El objetivo de este artículo es presentar algunos materiales para enseñar NdCyT desde una perspectiva de juego, es decir, desde el marco de la ludificación del aprendizaje de NdCyT, que también es explícita y reflexiva. Por ello, es necesario introducir la idea de la ludificación en la enseñanza de las ciencias a partir de los resultados de la investigación de la psicología cognitiva y evolutiva como vía para comprender la forma en que los juegos permiten el desarrollo de las destrezas de pensamiento científico, frecuentemente asociadas en la psicología cognitiva a las destrezas de pensamiento crítico (Vázquez y Manassero, 2016, en prensa).

2. La educación mediante el juego

La educación mediante el juego (o ludificación) es una técnica de aprendizaje que aplica la dinámica del juego al ámbito educativo o profesional con el objetivo de mejorar resultados de aprendizaje en conocimientos, habilidades o actuaciones. El interés por esta metodología de formación se debe a que el juego puede transformar aprendizajes áridos o aburridos en actividades interesantes y entretenidas, donde el aprendizaje tiene lugar de una manera natural porque incentiva la motivación de los jugadores. En consecuencia, se generan actitudes positivas de compromiso y autosuperación en el jugador-aprendiz, que constituyen potentes incentivos intrínsecos facilitadores de la interiorización de aprendizajes significativos.

La importancia del impacto motivacional de los juegos surge de varios factores. El más general es la recompensa benéfica inmediata de los participantes a través del entretenimiento y la diversión por el simple hecho de jugar. Sin embargo, el incentivo intrínseco más potente es la motivación de logro, es decir, la satisfacción personal por hacerlo bien o superarse a sí mismo en los resultados del juego. Además, los juegos añaden recompensas sociales muy apreciadas por los jugadores: competir para ser mejor que los demás o alcanzar un nivel social alto. Finalmente, la mayoría de juegos ofrecen diversas recompensas extrínsecas, no tan efectivas como las intrínsecas para el aprendizaje para el dominio, pero muy habituales en las normas de los juegos: acumulación de puntos, ganancia de premios o bienes, escalado de puestos en una clasificación, ganar competiciones entre jugadores, etc.

Un factor determinante del creciente interés actual por los juegos como herramientas culturales de aprendizaje es la proliferación de los juegos digitales audiovisuales y su popularización como medios de entretenimiento y diversión (Gee, 2007). Este autor propuso 36 principios de aprendizaje para el diseño de los juegos digitales como factores de su eficacia para el aprendizaje. El informe Horizonte 2011 pronostica que el aprendizaje basado en juegos podría convertirse en una de las corrientes principales de la enseñanza (Johnson, Smith, Willis, Levine y Haywood, 2011).

El informe de la Asociación Española de Distribuidores y Editores de Software de Entretenimiento (2012), que entrevistó a 511 profesores de Primaria de 88 escuelas, indica que el 31% de los profesores declara haber usado en el último año algún videojuego (mayoritariamente educativo, 94%), alegando como razón principal la motivación de los estudiantes (43%). Los profesores perciben que matemáticas, ciencias naturales y sociales son las asignaturas más adecuadas para obtener mejores aprendizajes y casi unánimemente consideran que los videojuegos desarrollan habilidades cognitivas (memoria, comprensión, pensamiento lógico, deducción, inducción, análisis y planificación, concentración y atención, evaluación y toma de decisiones) y psicomotoras (destreza visual y discriminación perceptiva, coordinación espacial, coordinación perceptivomotriz); en menor medida, capacidades personales, capacidades sociales y educación en valores. La decisión de usar juegos es personal de los profesores (no de la escuela), pero estos reconocen que necesitan más formación y recursos.

Existen numerosos estudios que muestran que los juegos son eficaces para producir cambios conductuales, cognitivos y metacognitivos (McGonigal, 2011). Además, el metaanálisis de Hattie (2009), que se plantea descubrir las intervenciones educativas efectivas para el aprendizaje mediante el tamaño del efecto logrado (tamaños mayores que 0,4 se consideran intervenciones efectivas), asigna a los programas de juegos y los métodos de vídeo interactivo un tamaño del efecto medio de 0,50 y 0,52, respectivamente, y concluye que los juegos pueden considerarse una intervención educativamente eficaz.

En la enseñanza de las ciencias existe la conciencia de que la enseñanza tradicional, basada en memoria y abstracción descontextualizada, no prepara suficientemente las capacidades necesarias para el siglo XXI (por ejemplo, trabajo en equipo, resolución de problemas y pensamiento crítico), pero la investigación sobre juegos como alternativa es escasa. Además, infundadamente, algunos profesores de ciencias consideran los juegos una forma de perder el tiempo o de escape y les niegan su valor educativo. En el otro extremo, otros consideran los juegos una especie de panacea para los problemas del aprendizaje en la enseñanza de ciencias (expectativa excesiva). Los juegos, simplemente, requieren análisis cuidadosos de sus características y aplicaciones precisas para explotar su potencial eficacia en el desarrollo y aprendizaje de contenidos, destrezas o competencias, equilibrando la atracción como entretenimiento con los aprendizajes (Gee, 2007).

Sobre aprendizaje de ciencias basado en juegos digitales, Li y Tsai (2013) analizaron el contenido de 31 investigaciones empíricas entre 2000 y 2011. Prácticamente todas (27) se plantearon el aprendizaje de conceptos científicos, menos la resolución de problemas, y solo unas pocas exploraron procesos, afectos, implicación y aprendizajes sociocontextuales científicos. Casi todas sostuvieron que el atractivo de los juegos radica en la experiencia activa y entretenida, pero ninguna se ocupó de verificar esta hipótesis. La mayoría de juegos se dirigen a estudiantes de universidad o bachillerato, y solo una minoría son para estudiantes más jóvenes. La revisión sugiere como

áreas de mejora futura: análisis sistemático y avanzado de los procesos de aprendizaje durante el juego; validación de las relaciones entre conductas y ejecución en el juego, experiencia de jugar y resultados de aprendizaje; verificación del interés, la motivación y la implicación causados por el juego; aproximación del mundo del juego al mundo real mediante la creación de comunidades de juego.

El estudio anterior mostró también que ningún juego digital afrontaba el aprendizaje de temas de NdCyT, por lo que es un reto pendiente para la enseñanza mediante juegos. Además, la mayoría de contenidos de NdCyT tampoco están en los libros de texto (salvo en un nivel anecdótico e improductivo para lograr aprendizajes significativos), sino que han sido producidos y publicados en contextos de investigación y en lengua inglesa; por tanto, fuera del alcance de la mayoría del profesorado. Para facilitar la enseñanza efectiva de temas de NdCyT, se necesita diseñar juegos que desarrollen explícitamente estos temas y evaluar específicamente su eficacia (NRC, 2011).

Este estudio pretende realizar una propuesta organizada de los juegos que pueden permitir la enseñanza de temas de NdCyT tratando de subsanar algunas de las deficiencias señaladas en los párrafos anteriores: además de introducir un tema innovador como es la NdCyT, ampliar la propuesta a estudiantes más jóvenes de Primaria y Secundaria y aproximar la experiencia del juego a una auténtica experiencia científica. El objetivo es también facilitar a los profesores las tareas de enseñanza de NdCyT a través de la apropiación, elaboración, investigación, discusión y reflexión en torno a los juegos para que los estudiantes aprendan contenidos de NdCyT.

3. Metodología

La metodología de esta investigación cualitativa ha consistido en la búsqueda de juegos apropiados para enseñar NdCyT. El criterio principal para incluir un material de enseñanza sobre NdCyT es que afronte explícitamente alguno de los temas incluidos como consensos de NdCyT (Vázquez y Manassero, 2012a, 2012b). Este criterio implica que no se han incluido juegos cuyo objetivo de enseñanza son los contenidos tradicionales de CyT (conceptos, teorías o procesos de indagación científica). Debe matizarse que tampoco es suficiente que el material presente un enfoque histórico, filosófico o sociológico si el objetivo de aprendizaje no es una cuestión de NdCyT.

La metodología aplicada en la búsqueda, análisis e inclusión de los juegos consistió en rastrear autores especializados. Tras la localización de los juegos para enseñar NdCyT, estos fueron analizados para verificar que cumplieran el criterio de inclusión especificado en el párrafo anterior. En particular, cabe reseñar que muchos juegos con un enfoque de indagación no han sido incluidos por no cumplir el segundo criterio, a saber, abordar explícitamente contenidos de NdCyT.

4. Resultados: sistematización de los juegos para enseñar NdCyT

Los juegos presentados no requieren el uso de soportes digitales; preferentemente implican actividades para realizar en grupo, aunque pueden asignarse actividades individuales. La ventaja más importante de estos juegos es que los estudiantes no necesitan tener conocimientos previos para jugar e implicarse en sus actividades, y por tanto evitan un escollo importante para aprender conceptos complejos de NdCyT.

Los juegos se presentan agrupados. El primer grupo son rompecabezas (representado por un tangram); el segundo grupo presenta distintas aplicaciones de cubos (o dados); el tercer grupo engloba juegos de naipes o cartas, y finalmente el cuarto grupo son juegos de «caja negra», con los que se trata de adivinar el contenido de una caja o un escenario mediante observaciones, hipótesis y argumentaciones.

5. Juegos de rompecabezas

Los juegos de rompecabezas (bloques o similares) desarrollan en los niños mejores habilidades de razonamiento espacial. El ejemplo que se propone en este apartado es un sencillo tangram que plantea una situación de práctica científica casi auténtica, que reproduce las actividades de los científicos para reconstruir el conocimiento científico ante la aparición de nuevos datos (anomalías) que deben ser integrados en el conocimiento científico anterior. En este caso, las habilidades espaciales de organización de las piezas son secundarias y meramente instrumentales (Choi, 2004).

El objetivo de esta actividad es conseguir que los estudiantes aprendan prácticamente que el conocimiento científico es provisional, dinámico y cam-

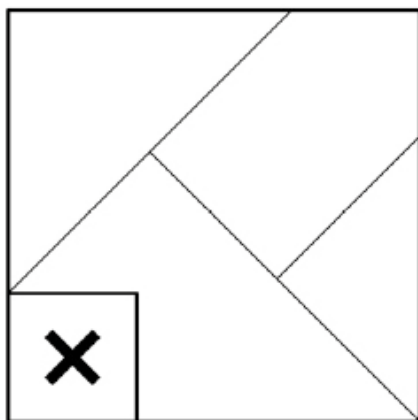


Figura 1. Cuadrado de tangram para recortar sus piezas individuales en número suficiente para que cada estudiante trabaje individualmente con un cuadrado.

Fuente: <<http://www.scienceteacherprogram.org/genscience/Choi04.html>>.

biante, a medida que nuestro conocimiento del mundo aumenta, y que los científicos pueden tomar diversos cursos de acción cuando se enfrentan a una novedad o anomalía. Se pretende que los estudiantes reflexionen sobre ello participando activamente en el proceso de aprendizaje de ese aspecto jugando con un patrón tangram en papel cartulina (figura 1).

El juego distribuye todas las piezas del cuadrado para cada estudiante, excepto el pequeño cuadrado marcado con X. Cada pieza representa el conocimiento científico actual. Se pide a los estudiantes individualmente que organicen las piezas recibidas para formar un cuadrado. En poco tiempo, los estudiantes consiguen disponer las piezas juntas para formar el cuadrado (teoría o modelo).

Entonces, se entrega el pequeño cuadrado marcado con X a cada alumno y se explica que X correspondería a un nuevo descubrimiento científico hecho recientemente. La tarea de los estudiantes consiste en incorporar esta nueva información a su rompecabezas, de modo que se pueda obtener un nuevo cuadrado. Dependiendo de la edad o las dificultades para lograr el nuevo cuadrado, los estudiantes pueden trabajar en grupos o continuar individualmente, desde el inicio o a medida que no superan las dificultades.

Una vez que todos o la mayoría de los estudiantes han dispuesto las piezas correctamente, se les pide compartir en gran grupo, mediante el método de tormenta o lluvia de ideas, aquellas ideas que reflejen las semejanzas de la actividad con «hacer ciencia». Como corolario final, según la edad de los alumnos, esta actividad podría extenderse desarrollando ejemplos históricos de controversias y cambios de paradigmas científicos en ciencias (teoría de los gérmenes, teoría de la evolución, teoría heliocéntrica, teoría atómica, etc.).

6. Juegos con cubos

El cubo es una figura de seis caras que se utiliza como base de un conjunto de actividades lúdicas, donde la tarea de los estudiantes consiste en predecir el contenido de una cara oculta del cubo basándose en los datos observables contenidos en las otras cinco caras. Los patrones de datos observables en los cubos pueden presentar diversos niveles de dificultad que permiten adaptarlo a diferentes niveles educativos.

Los juegos con cubos ofrecen una introducción global a los principales aspectos de las prácticas que realizan los científicos para validar conocimientos (investigación científica). Los estudiantes trabajan en grupos pequeños para responder a la pregunta ¿qué hay en la cara oculta/en blanco del cubo?; solo se admiten aquellas respuestas que van acompañadas de pruebas o evidencias. Por ello, se debe pedir a los estudiantes que observen y registren datos individualmente, que compartan después esos datos en el grupo, que este escriba un informe a partir de esos datos, donde proponga una respuesta a la pregunta, junto al patrón de evidencias observado que justifica/explica la respuesta. Finalmente, se comparten los informes de todos los grupos, donde habrá coincidencias y discrepancias, tanto en las respuestas como en las explicaciones propuestas.

El análisis de respuestas y/o explicaciones discrepantes tiene dos escenarios posibles. Por un lado, patrones diferentes que pueden ser legítimos porque son consistentes con sus datos: discutir la posibilidad de decidir acerca de la mayor o menor corrección de cada uno. Por otro, patrones inconsistentes con los datos: iniciar una discusión sobre los errores y la necesidad de verificar bien la compatibilidad entre datos y explicaciones.

El cubo más sencillo es el popular dado, cuyas caras contienen un número de 1 a 6 (figura 2). Algunos ejemplos de las observaciones probables de los estudiantes podrían ser las siguientes: el cubo tiene seis caras, el cubo tiene cinco caras visibles con un número, las caras muestran los números 1, ..., 3, 4, 5 y 6, los números en los lados opuestos suman 7, los números son grandes y azules, etc.

A partir de estas observaciones, los estudiantes podrían construir las siguientes explicaciones para justificar que el número de la cara vacía es el 2:

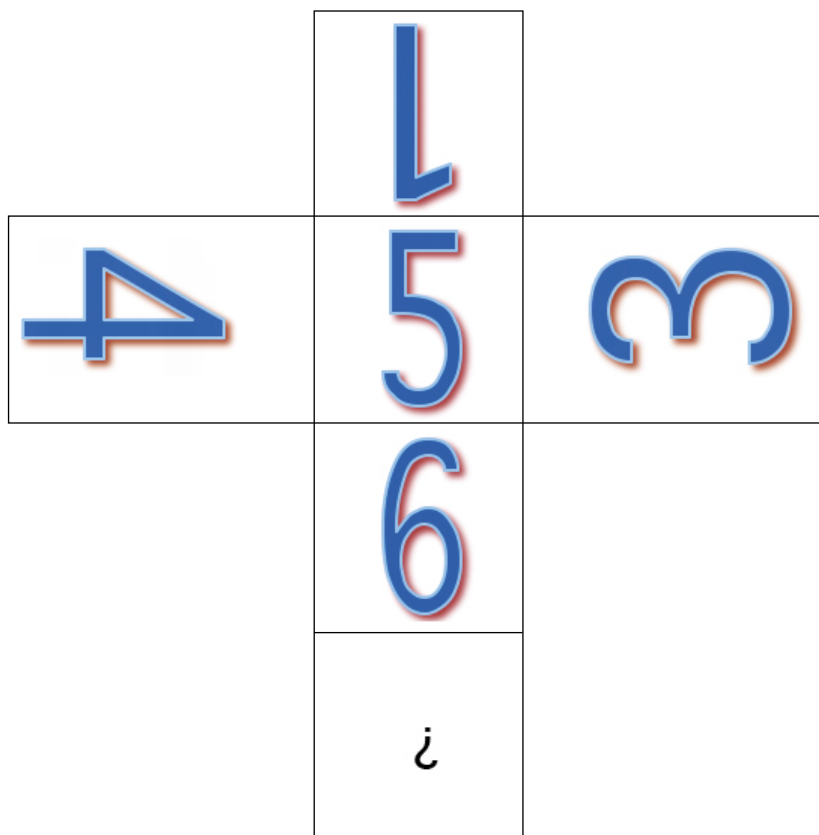


Figura 2. Cubo numérico (dado) propuesto a los estudiantes para que respondan a la pregunta ¿qué debe haber en la cara que está en blanco?

Fuente: elaboración propia.

porque 2 es el número que falta en la secuencia 1, ..., 3, 4, 5 y 6, o bien, porque los números en los lados opuestos del cubo suman siete y la cara vacía es la opuesta al número cinco.

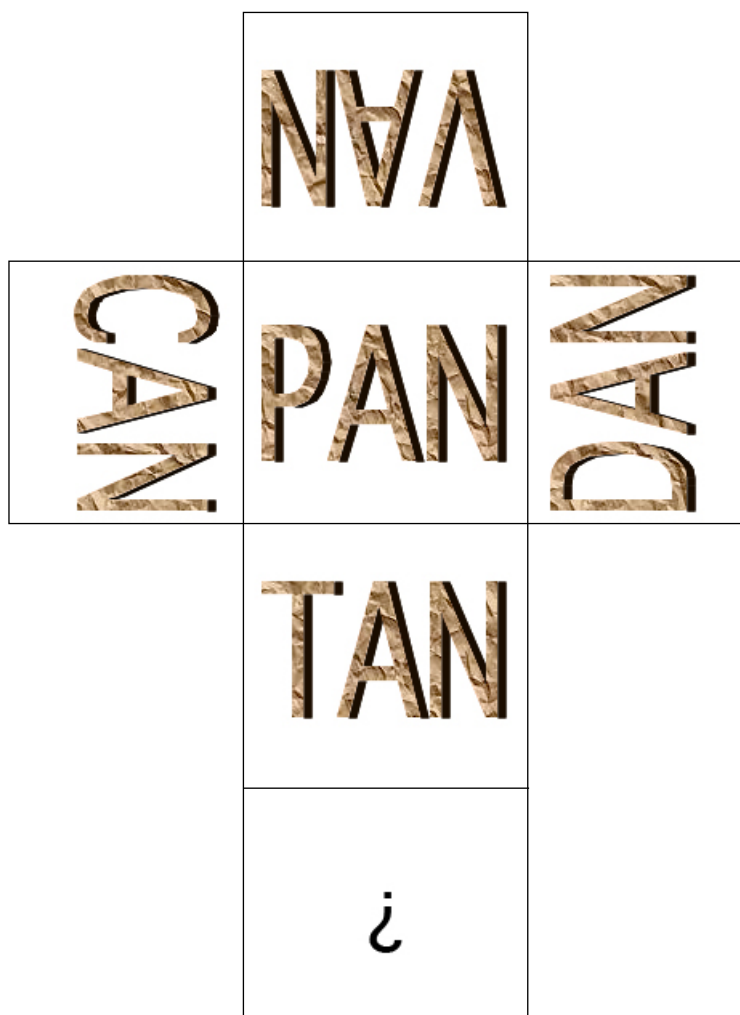


Figura 3. Cubo más complejo propuesto a los estudiantes para que respondan a la pregunta ¿qué debe haber en la cara que está en blanco?

Fuente: elaboración propia.

La dinámica de la presentación de conclusiones, observaciones, patrones y explicaciones debe ser realizada por los propios alumnos, que también deberán responder a las objeciones de sus compañeros. El ejemplo simple del dado numérico ilustra lo más importante: implicar a los estudiantes en la dinámica de justificar las explicaciones con pruebas (reflexiones argumentadas). Los profesores pueden elaborar cubos propios adaptando la complejidad del dado a las necesidades de sus estudiantes (ver un ejemplo de cubo más complejo en la figura 3).

Como extensión de esta actividad, podrían plantearse otras cuestiones que pueden surgir entre los alumnos o bien ser inducidas por el profesor: la posibilidad de «mostrar» la solución o no (para resaltar la idea de que los científicos, a veces, no pueden acceder a los objetos para comprobar sus conjeturas), la diferencia entre observaciones y experimentos y el uso que las ciencias hacen de ambos.

7. Juegos de naipes

Los juegos de cartas pretenden enseñar a los estudiantes la lógica de las prácticas científicas para la validación del conocimiento mediante analogías del juego: como si fueran científicos tratando de descubrir leyes, los jugadores tratan de descubrir las reglas del juego, ocultas para ellos, basándose en las informaciones y pistas ofrecidas a medida que avanza el propio juego. La mayor/menor facilidad de la regla oculta, cuya sofisticación puede variar ampliamente, permite adaptarlos a todas las edades. Existe una gran variedad de juegos cuya calidad y cantidad ha mejorado con el tiempo y con versiones digitales. Aquí se expone como base el Eleusis Exprés porque permite una amplia participación alrededor de una misma mesa.

La idea básica de Eleusis es una regla secreta (por ejemplo, cada carta debe tener un color diferente a la anterior) y las cartas que se ajustan a la regla no reciben penalización. El número ideal de jugadores es cinco, pero pueden llegar hasta ocho (o más) con dos (o más) mazos de cartas. La persona distribuidora de cartas escribe la regla secreta, que los otros jugadores tratan de adivinar (puede dar pistas sobre ella); dirige el juego repartiendo cartas, colocando el montón de cartas en medio de la mesa, volviendo una carta al lado del montón y decidiendo si la carta que cada participante juega por turno es correcta o no.

Las cartas jugadas ajustadas a la regla se ponen en una línea principal; las cartas incorrectas se colocan debajo de la línea principal (visibles) y el jugador debe tomar una carta del montón. Las cartas correctas e incorrectas actúan como registro de ayuda para descubrir la regla secreta.

Los jugadores tienen opciones en su turno: jugar entre 1 y 4 cartas que crea conformes a la regla secreta, o bien «pasar» si cree que su mano no contiene cartas conforme a la regla. Si pasa, muestra sus cartas y el distribuidor decide si es correcto o erróneo; si es erróneo, el distribuidor toma una carta correcta y la coloca en la línea principal y el jugador toma una carta del montón; si es

correcto y tiene una sola carta, el juego se acaba, y si tiene más de una carta el distribuidor incluye las cartas debajo del montón y da una nueva mano con una carta menos al jugador.

Cuando un jugador hace una jugada correcta tiene derecho a intentar adivinar la regla; si acierta, el juego se acaba, y si se equivoca, el juego continúa. Jugadas incorrectas, pases o conjeturas fallidas reciben cartas de penalización. El juego también acaba cuando un jugador agota sus cartas.

Existen juegos que consideran la participación de solo dos jugadores. Para acompañar un ciclo de conferencias en 1991, la fundación Dawkins (1991) propuso un juego (¿qué carta gana?) que plantea cada mano del juego como si fuera un dato experimental y construye una tabla con todos ellos para intentar adivinar una regla secreta. Chamberlain (s.f.) inventó un juego similar entre dos, denominados científico y naturaleza; la naturaleza marca una ley y el científico trata de descubrirla.

Mao es otro popular juego cuyo ganador es el jugador que se deshace de todas sus cartas sin romper ciertas reglas. El juego prohíbe explicar las reglas específicas, que se descubren a lo largo del juego mediante ensayo y error. Si un jugador rompe una regla es penalizado y se le da una carta adicional. La persona que penaliza debe indicar la acción incorrecta pero sin explicar la regla rota. Mao es un juego que presenta muchas variantes, aunque sus reglas deben ser coherentes dentro de cada juego. Otro rasgo distintivo es que Mao permite equipos organizados de jugadores y de espectadores.

8. Juegos de caja negra

Los juegos de caja negra utilizan típicamente una caja rígida, opaca y cerrada, que puede contener en su interior diversos objetos (canicas, tuercas, monedas, imanes, etc.), así como particiones que reestructuran el espacio interno de la caja (barreras simples, rampas, tubos, etc.). Los estudiantes manipulan las cajas (sin abrirlas) y tratan de descubrir su estructura interna y los objetos que contiene experimentando las fuentes de incertidumbre inherentes a las prácticas científicas para la resolución de un problema, que pueden requerir el uso de instrumentos de apoyo a la investigación (p.e. balanzas o brújulas).

La incertidumbre de las conclusiones se reduce por la cooperación de los estudiantes y el desarrollo de procesos válidos y lógicos de argumentación basada en pruebas y evidencias. Los estudiantes deben hacer y registrar observaciones (datos), inferencias, emitir hipótesis y predicciones y confirmarlas y desarrollar modelos y teorías sobre la caja (diferenciando observaciones de inferencias). La experiencia del profesor debe adaptar la estructura y el contenido a la edad de los estudiantes. Un conjunto de 4 a 6 cajas iguales para cada aula es ideal para el trabajo en grupos.

Las cajas negras son una analogía de las prácticas científicas en la medida que los fenómenos que investigan los científicos (por ejemplo, átomos, agujeros negros, radiación, dinámica de reacción, gravedad, etc.) son bastante «oscuros», es decir, solo pueden manipularse limitadamente. El objetivo principal es

enseñar que el conocimiento científico es, fundamentalmente, provisional e incierto, aunque una gran parte esté bien aceptado, por lo cual se requiere un cuidadoso proceso de desarrollo, desde las observaciones hasta las conclusiones finales, pasando por el escrutinio de las pruebas y las inferencias válidas a partir de ellas.

Sobre la base de sus observaciones e inferencias, los estudiantes (grupos) sugieren hipótesis explicativas del fenómeno observado que defienden ante el grupo y la clase. Después, diseñan pruebas para verificar si sus hipótesis son apoyadas por las evidencias. A partir de hipótesis verificadas, pueden hacer predicciones y, a continuación, comprobarlas mediante recopilación de más pruebas. Aunque más pruebas favorables aumentan la credibilidad de una hipótesis, como una explicación plausible, sin embargo, el conocimiento científico no se puede dar por absolutamente cierto y, por ello, se acepta como provisional y sujeto a cambios (por tanto, incierto). En la conclusión de cada actividad es fundamental dedicar tiempo a hacer reflexionar explícitamente a los estudiantes sobre estos aspectos.

Obviamente, las cajas negras con estructuras internas requieren mayores destrezas de construcción e indagación. Hay empresas que las fabrican a partir de cápsulas de Petri de laboratorio con bolita(s) de acero en su interior (u otros objetos) (figura 4). Cada estudiante debe adivinar la forma de la partición interna de la caja cerrada gracias a la indagación (mediante sus sentidos) del movimiento de las bolitas cuando se agita la caja. Como antes, puede verificar y discutir sus hipótesis y predicciones y construir un consenso con otros compañeros.

La creciente sofisticación y complejidad del diseño de cajas negras pueden ampliar la visión y la inspiración de los profesores para adaptarse a los estudiantes mayores.

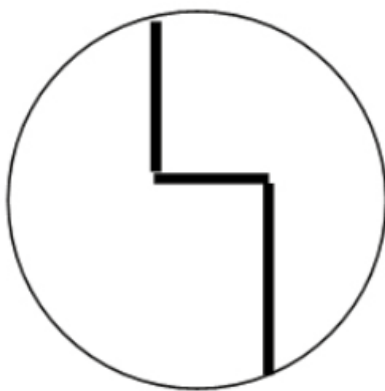


Figura 4. Caja negra misteriosa con estructura interna; los estudiantes deben responder a la pregunta ¿qué tiene la caja en su interior?

Fuente: <<http://lab-aids.com/kits-and-modules/details/obscertainer-a-better-black-box>>.

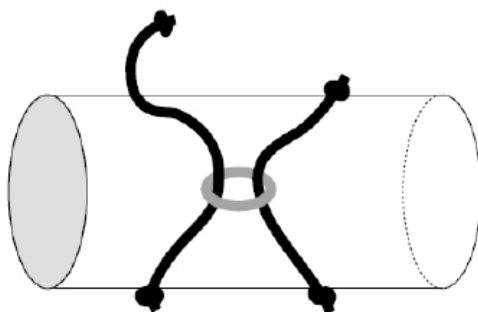


Figura 5. Tubo misterioso propuesto a los estudiantes para responder a la pregunta ¿qué hay en el interior del tubo?

Fuente: <www.rsc.org/learn-chemistry>.

Otro ejemplo avanzado de caja negra es el tubo misterioso (figura 5). Un tubo cilíndrico con cuatro agujeros por los que asoman sendos cabos de cuerdas anudados exteriormente; dentro, las dos cuerdas pasan por un anillo. Cuando se tira de un extremo de la cuerda, la conexión de las cuerdas en el interior del tubo causa un patrón de movimiento exterior aleatorio, inesperado y aparentemente complejo en los otros extremos. Las observaciones se pueden complementar tirando de varios extremos a la vez o manteniendo algunos fijos y observando otros. La dificultad aumenta con el número de anillos, cuerdas y conexiones (Lederman y Abd-el-Khalick, 1998).

Una extensión natural de la actividad del tubo consiste en que los estudiantes construyan su propio modelo de tubo para, posteriormente, comparar los modelos construidos y el original en el grupo clase. La discusión sobre los modelos se puede centrar en las dificultades encontradas para construir el modelo, los desajustes que presenta el modelo construido por los estudiantes respecto al original y las causas de las mismas, teniendo presente que un modelo nunca igualará al objeto real.

Otro ejemplo de cajas negras avanzadas son aquellas que utilizan la circulación de agua por el interior de un caldero opaco, con la entrada en su parte superior y la salida en la parte inferior; los estudiantes pueden experimentar echando agua por la entrada y observando la salida. Como los científicos, los estudiantes realizan sus observaciones, las discuten, hacen inferencias explicativas y diseñan un modelo consistente con esas explicaciones. Los calderos pueden tener distinto grado de complejidad: calderos con varios tubos de entrada y/o salida, calderos que modifican el color del agua, calderos que modifican el tiempo y el caudal de salida, etc.

Análogamente al tubo misterioso, una extensión natural es que los estudiantes construyan su propio caldero de agua, de acuerdo con sus conclusiones, para comprobar sus hipótesis y predicciones.

9. Situaciones y escenarios

Los juegos basados en situaciones y escenarios son una variante de las cajas negras que plantean la enseñanza de NdCyT en situaciones más auténticas, donde el fenómeno no se oculta al observador, pero los indicios observables son limitados o susceptibles de múltiples interpretaciones, aunque realistas. Mantienen una filosofía equivalente: su analogía con las prácticas científicas reta a los estudiantes a aplicar observaciones, inferencias, explicaciones, predicciones y su comprobación, así como la verificación de conclusiones mediante argumentación basada en pruebas, en las actividades, los estándares de aprendizaje evaluables y las tareas de aprendizaje.

Aunque existen numerosos escenarios en la literatura y en la red, aquí solo se exponen dos ejemplos debido a la limitación de espacio. El primero (pistas misteriosas) ha sido utilizado en la enseñanza de NdCyT, pues no requiere conocimientos previos especializados de ciencia para la implicación de los estudiantes. Su objetivo es diferenciar observaciones de inferencias y validar ideas con pruebas.

El escenario usa tres imágenes sucesivamente más complejas (figura 6). Para cada imagen se pide a los estudiantes que describan por escrito individualmente lo que ven y lo que piensan que podría haber ocurrido como respuesta la pregunta ¿qué se observa? En este punto, se evita hacer juicios y se aceptan todas las ideas.

Posteriormente, los estudiantes comparten, contrastan y discuten sus historias en grupos pequeños para elaborar una historia común de grupo, que después cada grupo debate con toda la clase. Para insistir en el objetivo general de diferenciar observaciones e inferencias, se puede apoyar con preguntas de puntualización (¿puedes ver los pájaros?, ¿cómo puedes saber que las huellas son de pájaros?, etc.). Cada estudiante revisa su descripción y va tachando sus ideas iniciales que el debate le hizo cambiar y escribe las nuevas ideas, observaciones e inferencias que le parecen ahora más válidas. Se insiste siempre en diferenciar las declaraciones que son inferencias de las observaciones y las diversas respuestas plausibles sugeridas por los estudiantes para la misma pregunta y el mismo conjunto de observaciones o pruebas.

La reflexión se centra en que el mismo conjunto de datos permite deducir diversas y justificadas respuestas a la misma pregunta.

Los científicos hacen similares inferencias en su intento de obtener respuestas a preguntas acerca de los fenómenos naturales. Aun cuando sus respuestas son consistentes con la evidencia disponible, puede que una única respuesta (o historia) no dé cuenta de todas las evidencias o pruebas, y a menudo varias respuestas son plausibles. Al igual que en el ejemplo de las pistas, los científicos, simplemente, no pueden decidir la respuesta definitiva sobre un escenario.

Como actividades de extensión se pueden plantear a los estudiantes preguntas más avanzadas, tales como ¿por qué fueron los dos animales hacia el mismo lugar? y otras similares.

Finalmente, el segundo ejemplo de escenarios lúdicos introduce la cuestión de las limitaciones de la percepción humana, e incluso sus sesgos, para enfati-

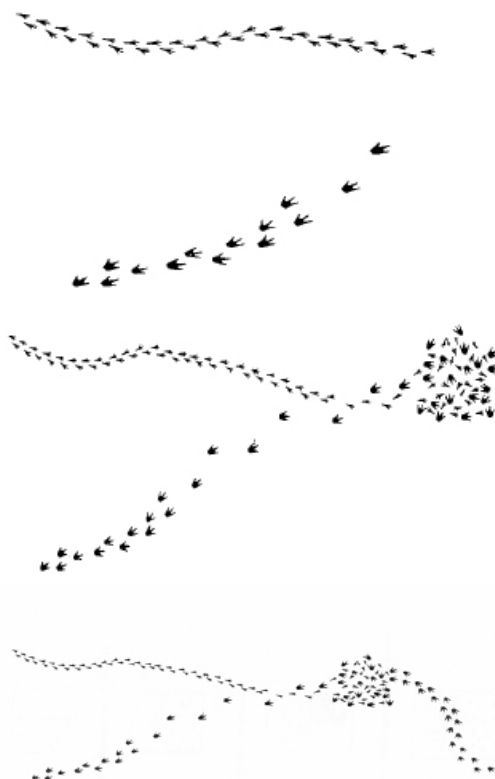


Figura 6. Las tres imágenes sucesivas del juego de las pistas misteriosas.

Fuente: <<http://msed.iit.edu/projectican/documents/Foot%20prints.pdf>>.

zar el tema de la subjetividad y la carga teórica en la observación. Este tema lleva a la instrumentación tecnocientífica, pues la ciencia ha tratado siempre de inventar instrumentos de observación y medida con el fin de vencer las limitaciones impuestas a la percepción humana por los sentidos y evitar los sesgos y los errores en las observaciones.

Las dos imágenes representadas en la figura 7 son dos escenarios sobre límites y sesgos de la percepción humana. La actividad con los estudiantes se presta a un juego de responder a las dos preguntas claves en cada una de las imágenes, debatir sobre las respuestas obtenidas y tratar de confirmarlas empíricamente. La imagen de la escalera ejemplifica las limitaciones de la percepción: muchos estudiantes no son capaces de ver con claridad los dos tipos de escaleras (carga teórica) contenidas en la imagen (dos interpretaciones compa-

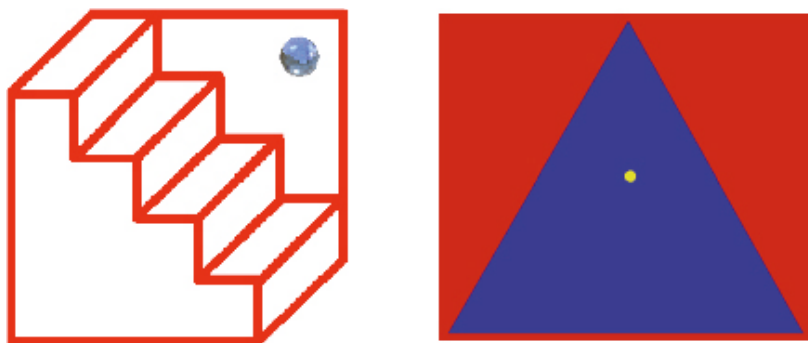


Figura 7. Límites y sesgos de la percepción humana: ¿cuántas escaleras diferentes puede ver en la figura de la izquierda?; ¿el punto situado en el interior del triángulo de la derecha está más cercano al vértice superior o a la base?

Fuente: <<http://www.2atoms.com/weird/illusions/052.htm>>; <<http://es.slideshare.net/ing.josefernando/ilusiones-opticas-244671>>.

tibles con el mismo objeto). La imagen del punto y el triángulo es ejemplo de los sesgos perceptivos que nos imponen nuestros sentidos: el punto es equidistante del vértice superior y de la base del triángulo, pero nuestro cerebro dirige la percepción hacia el fondo-forma global de la figura (Gestalt) y nos hace creer engañosamente que el punto está más cercano al vértice.

El debate y la discusión sobre la percepción introduce a los estudiantes un nuevo escenario: las aportaciones instrumentales de la tecnología en la ciencia para superar las limitaciones y errores de la percepción humana, mejorar la exactitud y precisión de las observaciones y disminuir la incertidumbre.

10. Discusión y conclusiones

La originalidad de este estudio es presentar sistematizadamente diferentes juegos que pueden satisfacer múltiples aspiraciones para enseñar NdCyT en diversos niveles educativos y áreas de la ciencia sin necesidad de conocimientos previos. Con todo, el inventario presentado no es ni pretende ser exhaustivo, porque el carácter innovador y dinámico de la enseñanza de la NdCyT hace de ella un área en permanente desarrollo. Puesto que los juegos presentados tienen como objetivo específico ayudar a los profesores a conocer este material para diseñar la enseñanza sobre NdCyT, parece adecuado, como epílogo, recordar algunas pautas básicas que dan sentido y justifican el mejor uso de los juegos presentados (Li y Tsai, 2013).

En la enseñanza de la NdCyT, las concepciones consensuadas constituyen la referencia natural para el desarrollo de los contenidos concretos de NdCyT y la formación del profesorado, pues están informados por conocimientos de historia, filosofía y sociología de la CyT y su reconstrucción para la enseñanza (Vázquez y Manassero, 2012a). En este aspecto, los juegos ayudan a concretar

y desarrollar los contenidos de NdCyT, desarrollar los factores determinantes de su calidad educativa (enseñanza explícita y reflexiva), superar los factores opuestos a la innovación de enseñar NdCyT (motivación, implicación), adaptarse a cada nivel educativo y, en definitiva, lograr la competencia (alfabetización) científica y tecnológica para todos. Los profesores deben transformarlos, planificarlos y adaptarlos a su propio currículo de aula. Un aspecto importante de la enseñanza de NdCyT es que esta no debe limitarse a la memorización de conocimientos, sino todo lo contrario, y de ahí el carácter reflexivo que impregna los juegos al problematizar el aprendizaje a través de preguntas centradas en el estudiante que obliguen a este a buscar, tomar decisiones, compartir, argumentar, discutir y comunicar sus propias respuestas (NGSS, 2013). Un aspecto destacable es que todos los juegos comparten una extensión general, dirigida a desarrollar la iniciativa y la creatividad: los estudiantes construyen en cada juego su propio modelo real conforme a las hipótesis que creen haber verificado a partir de sus observaciones.

Los aspectos evolutivos de la enseñanza de la NdCyT (adaptación a la edad de los estudiantes) son una cualidad muy relevante de los juegos, aunque este aspecto no ha sido desarrollado por la investigación sobre NdCyT (Abd-el-Khalick, 2011) por dos razones principales. Una es el planteamiento general de proponer objetivos modestos para la enseñanza de la NdCyT, es decir, niveles sencillos y asequibles (inclusivos) para los estudiantes (Matthews, 1998). Otra razón es la práctica habitual de insertar los temas de NdCyT dentro de los contenidos curriculares (conceptos, indagación, etc.), que garantiza ya su adaptación al nivel evolutivo de los estudiantes. Ambas constituyen criterios prioritarios del profesorado para su aplicación en el aula, cuya preferencia por contenidos de NdCyT que sintonizan con su currículo es clara, aun a riesgo de difuminar aprendizajes importantes; los juegos permiten superar esas limitaciones gracias a su independencia del contexto (no requieren conceptos previos) y su flexibilidad (pueden adaptarse fácilmente al nivel y currículo).

La enseñanza innovadora con juegos está coaccionada por diversos factores, como la resistencia a apartarse de los contenidos habituales o la tendencia a enseñar para los exámenes, sobre los cuales el profesorado debe concienciarse para afrontarlos. El factor externo más importante en contra de la innovación es la falta de formación del profesorado en estas cuestiones, que deberá ser promovida con amplitud y decisión para favorecer la intención de enseñar NdCyT. Los juegos y su poder motivador pueden ser una vía intermedia que anime a estudiantes y profesores a implicarse en la innovación, ya que no exige grandes requisitos previos para su desarrollo (Gee, 2007).

Los juegos son analogías útiles para enseñar sobre las prácticas científicas, pero toda analogía es imperfecta y desfigura algo la NdCyT. La denominada falacia lúdica llama la atención sobre el error de las probabilidades en las analogías de los juegos, cuyas incertidumbres están «esterilizadas» (p. ej. los participantes tienen la certeza de la existencia de una ley que deben descubrir). La incertidumbre real que afrontan los científicos es muy distinta, pues su

expectativa en las leyes es una mera suposición de partida para estudiar el mundo, pero alejada de cualquier seguridad. Por otro lado, los jugadores tratan de adivinar la ley tomando una decisión y reciben información segura de su acierto/error, mientras que los científicos, cuando toman una decisión, no tienen tanta certeza. Ambas limitaciones invitan a esforzarse por aproximarse a la fidelidad a la auténtica CyT en la enseñanza por juegos y a resaltar estos límites y el carácter de experiencias casi auténticas; deben ser planteadas a los estudiantes como actividades analógicas imperfectas, pero no ficticias, y evitando reducir los juegos a visiones anecdóticas o simplistas (Allchin, 2012).

Otra limitación es de orden teórico, en cuanto que los distintos juegos están, obviamente, inspirados en tradiciones concretas de filosofía, historia o sociología de la ciencia que no están exentas de críticas, pero cuyas sofisticadas objeciones filosóficas no son esenciales para la enseñanza. Por ejemplo, la lógica de la investigación o el racionalismo crítico de Popper inspiran el método de algunos juegos, pero no por ello los juegos y sus actividades dejan de ser buenas analogías para que los estudiantes comprendan aspectos centrales y profundos sobre la NdCyT (Li y Tsai, 2013).

Finalmente, aunque este estudio no presenta resultados de eficacia de los juegos para mejorar el aprendizaje, esta se reconoce como una propuesta de futuro novedosa y necesaria para la investigación de juegos (Li y Tsai, 2013). Podemos ilustrar un modesto resultado obtenido recientemente en un curso de formación para maestros con el tangram: solo uno de cinco grupos resolvió el primer tangram antes de ocho minutos. Prospectivamente se sugiere un diseño longitudinal pre-test y post-test para evaluar la eficacia de los juegos para enseñar NdCyT, a partir de nuestra experiencia previa, usando como instrumentos de evaluación un banco de cien escenarios con rúbricas de valoración múltiple (cuestionario de opiniones sobre ciencia, tecnología y sociedad, COCTS), ya que permite adaptar el diseño de la evaluación a los contenidos específicos de cada juego (Aikenhead y Ryan, 1992; Bennássar, Vázquez, Manassero y García-Carmona, 2010; Vázquez-Alonso, Manassero-Mas y Bennássar-Roig, 2014).

Referencias bibliográficas

- ABD-EL-KHALICK, F. (2011). Examining the sources for our understandings about science: Enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34, 353-374.
- 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.
- ACEVEDO, J. A. (2009). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 355-386.
- AIKENHEAD, G. S. y RYAN, A. G. (1992). The development of a new instrument: «Views on science-technology-society» (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491.

- ALLCHIN, D. (2012). The Minnesota Case Study Collection: New Historical Inquiry Case Studies for Nature of Science Education. *Science & Education*, 21, 1263-1281.
- 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.
- 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.
- GEE, J. P. (2007). *What video games have to teach us about learning and literacy*. Nueva York: Palgrave Macmillan.
- HATTIE, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Londres: Routledge.
- LEDERMAN, N. G. y ABD-EL-KHALICK, F. (1998). Avoiding de-natured science: activities that promote understandings of the nature of science. En W. McCOMAS (ed.). *The nature of science in science education: rationales and strategies* (pp. 83-126). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- 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). Mahwah (Nueva Jersey): Lawrence Erlbaum Associates.
- 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(6), 877-898.
- MATTHEWS, M. (1998). In defense of modest goals when teaching about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 161-174.
- MCGONIGAL, J. (2011). *Reality is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World*. Nueva York: Penguin.
- 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.
- NRC NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2011). *Learning Science Through Computer Games and Simulations*. Washington, DC: The National Academies Press.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (2007). *La relevancia de la educación científica*. Palma de Mallorca: Universitat de les Illes Balears.
- (2012a). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 2-31.
- (2012b). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 2): Una revisión desde los currículos de ciencias y la competencia PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 34-55.
- (2016, en prensa). Contenidos de naturaleza de la ciencia y la tecnología en los nuevos currículos básicos de educación secundaria. *Profesorado*.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A. y MANASSERO, M. A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*. <<http://rieoei.org/deloslectores/702Vazquez.PDF>>.
- (2005). Más allá de una enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4, 2. <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART5_Vol4_N2.pdf>.

VÁZQUEZ-ALONSO, Á.; MANASSERO-MAS, M. A. y BENNÁSSAR-ROIG, A. (comp.) (2014). *Secuencias de enseñanza aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología. Unidades didácticas del proyecto EANCYT*. Palma de Mallorca: Autor (CD).

Fuentes electrónicas

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE DISTRIBUIDORES Y EDITORES DE SOFTWARE DE ENTRETENIMIENTO (2012). *Informe GfK. Estudio Videojuegos, educación y desarrollo infantil*. <http://www.aevi.org.es/index.php?option=com_mtree&task=att_download&link_id=54&cf_id=30>
- BENNÁSSAR, A., VÁZQUEZ, A., MANASSERO M. A. y GARCÍA-CARMONA A. (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica. Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid: OEI. <www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf>
- CHOI, J. (2004). *The Nature of Science. An Activity for the First Day of Class*. <<http://www.scienceteacherprogram.org/genscience/Choi04.html>>
- CHAMBERLAIN, J. (s.f.). *Hypothesis Card Game*. <<http://ed.fnal.gov/arise/guides/bio/1-Scientific%20Method/1d-HypothesisCardGame.pdf>>
- DAWKINS, R. (1991). *What card wins?* <<http://humanistgrid.net/pdfs/WhatisScienceFor.pdf>>
- JOHNSON, L., SMITH, R., WILLIS, H., LEVINE, A. y HAYWOOD, K. (2011). *The 2011 Horizon Report*. Austin: The New Media Consortium. <<http://net.educause.edu/ir/library/pdf/HR2011.pdf>>
- Mao (s.f.). *Card Game*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Mao_%28card_game%29>