



Contribución de la ciencia recreativa al desarrollo de competencias argumentativas y actitudinales

Tres ejemplos de mecánica

Óscar Lozano
IES Conselleria. Valencia

Jordi Solbes
Universidad de Valencia

Rafael García-Molina
Universidad de Murcia

En este trabajo se presenta el uso de experiencias sencillas de ciencia recreativa como una opción metodológica que permite, por una parte, desarrollar competencias actitudinales que ayuden a combatir la falta de interés así como, en algunos casos, el rechazo hacia las materias de ciencias, y, por otra parte, propiciar situaciones que faciliten el desarrollo y la práctica de las destrezas científicas, favoreciendo la argumentación y el uso de pruebas. Como ejemplo de las actividades que se pueden desarrollar para abordar los propósitos anteriormente citados, se describen tres experiencias de ciencia recreativa relacionadas con la mecánica, en las que tiene un papel relevante la fuerza de rozamiento.

Palabras clave: *ciencia recreativa, mecánica, fuerza de rozamiento, motivación, actitud, argumentación.*

Recreational science's contribution to developing reasoning and attitude competences. Three examples from mechanics

This article discusses the use of simple examples of recreational science as a methodological option that helps develop attitude competences to boost interest and, in some cases, overcome a rejection of science, and also foster situations to promote the development and practice of science skills and reasoning and the use of words. As an example of the activities that can be carried out in pursuit of these goals, we give details of three recreational science activities linked to mechanics, where friction forces play a key role.

Keywords: *recreational science, mechanics, friction force, motivation, attitude, reasoning.*

La competencia científica implica utilizar el conocimiento científico y aplicar los procesos de la ciencia en contextos cotidianos, ser consciente del papel de la ciencia y la tecnología en la sociedad, en la solución y el origen de los problemas, así como mostrar interés, reflexionar y comprometerse con las cuestiones científicas y tecnológicas, desde una perspectiva personal y social. Se puede estructurar en cuatro dimensiones básicas: *contexto, destrezas, conceptos y actitudes* (Caamaño, 2008).

El aspecto actitudinal suele ser una variable «escurridiza», que presenta «aristas» y matices

diversos. En su intento por delimitar de manera efectiva ciertos aspectos actitudinales de la ciencia en la escuela, Germann (1988) propuso un test para evaluar la actitud respecto a la ciencia en la escuela (ATSSA, Attitude Toward Science in School Assessment), en el que tres de los catorce aspectos evaluados hacen referencia al carácter «aburrido» o «divertido» de la ciencia. Dado que uno de los componentes fundamentales de la dimensión actitudinal reside en el interés de los estudiantes por la ciencia, es plausible suponer que las metodologías orientadas a «combatir el

aburrimento» y que consigan estimular el interés del alumnado por las materias científicas pueden resultar enriquecedoras y favorecer la adquisición de competencias asociadas a dicha dimensión (Solbes y otros, 2008).

Las características de la ciencia recreativa, así como sus posibilidades docentes (tanto en contextos formales como no formales) se han tratado recientemente (García-Molina, 2011) y, en la actualidad, el uso de la ciencia recreativa como elemento didáctico va en aumento (Lozano y otros, 2007). Por ello, cada vez resulta más habitual la presencia de la ciencia recreativa en los contextos más formales de la enseñanza de las ciencias (como medio para captar la atención, como recurso para la introducción de conceptos, etc.), trascendiendo así los habituales cauces de la divulgación (revistas, televisión, conferencias, talleres, ferias de la ciencia, museos, etc.), en los que la presencia de la ciencia recreativa está bastante consolidada.

Por otra parte, dentro de las destrezas científicas, cabe distinguir tres aspectos interrelacionados: *explicar fenómenos mediante modelos*, *identificar cuestiones científicas* y el uso de pruebas, que, aglutinados, constituyen lo que denominamos *argumentación*. La intervención del profesorado puede favorecer la adquisición de estas destrezas por parte del alumnado. Pero también hay que tener en cuenta que una acción inadecuada (por ejemplo, un exceso en la monopolización del discurso de aula) puede frustrar unos buenos propósitos docentes.

Como en otras competencias, o en muchos de los aspectos generales de la vida, la práctica parece ser la manera más adecuada de progresar

Las metodologías orientadas a «combatir el aburrimento» y que consigan estimular el interés del alumnado por las materias científicas pueden resultar enriquecedoras y favorecer la adquisición de competencias

en la adquisición de una destreza. El proceso argumentativo puede explicarse de manera teórica, pero sin resultados. Para conseguirlos hay que favorecer ambientes en los que el alumnado tenga la posibilidad de practicar la argumentación y solamente lo hará si su papel en clase así lo requiere

(Jiménez, 2010). El diseño de experiencias, actividades y recursos encaminados a facilitar el ejercicio de la argumentación y el uso de pruebas en las materias científicas es una prioridad respaldada por organizaciones y expertos (Jiménez y otros, 2009).

En este trabajo se propone y analiza el uso de pequeñas experiencias científicas recreativas con una doble finalidad. Por una parte, sirven para mejorar el aspecto actitudinal, ya que consiguen captar la atención del alumnado, lo cual puede redundar en el interés por la ciencia, en general, y por la actividad de aprendizaje propuesta, en particular. Por otra parte, permiten crear un ambiente propicio para el ejercicio de la argumentación, donde la explicación requerida del fenómeno mostrado (curioso o sorprendente) da pie al debate, en pequeños grupos (inicialmente) y en conjunto (al final). Conviene destacar la impor-

El proceso argumentativo puede explicarse de manera teórica, pero sin resultados. Para conseguirlos hay que favorecer ambientes en los que el alumnado tenga la posibilidad de practicar la argumentación

tancia de una adecuada tutela y guía durante todo el proceso (presentación, discusión...), para que la actividad desarrollada sea fructífera en cuanto a la práctica de la argumentación.

Para llevar a cabo nuestro estudio se han elegido tres experiencias de mecánica en las que tiene un papel relevante la fuerza de rozamiento. En la siguiente sección se trata con detalle la implementación en el aula de la primera de estas actividades, mientras que las dos restantes se tratan conjuntamente más adelante.

■ Implementación de una actividad en el aula

A la hora de diseñar una experiencia de aula que cumpla con los objetivos expresados con anterioridad, se debe tener en cuenta que el nivel curricular del alumnado condiciona la elección del fenómeno a estudiar. Dicho nivel determinará tanto la idiosincrasia propia del juego o la pequeña experiencia, como su manera de presentación, su explicación final y el grado de guía que el profesor debe ejercer.

Una misma experiencia puede abordarse mediante distintas aproximaciones, de manera que pueda utilizarse desde primaria hasta la universidad. La construcción de un pequeño instrumento de doble caña (como el oboe o la dulzaina) mediante una pajita de refresco, así como los diferentes tonos que se consiguen al reducir su longitud, puede trabajarse como una aproximación al funcionamiento de los instrumentos musicales en primaria, como una explicación de los fenómenos ondulatorios en secundaria o como un ejercicio de cuantificación en los primeros cursos universitarios, todo ello sin perder su efecto lúdico y sorprendente (Ferrer-Roca y Cros, 2005). Igualmente, puede emplearse una determinada experiencia para tratar contenidos conceptuales muy diversos. Así, en la actividad ¿Por qué entra agua? se analiza «lo que ocurre cuando una vela que arde

Una misma experiencia puede abordarse mediante distintas aproximaciones, de manera que pueda utilizarse desde primaria hasta la universidad

sobre agua es tapada con un recipiente» (Jiménez y otros, 2009), ofreciéndose a los alumnos dos opciones de explicación: una basada en cambios físicos y otra en químicos.

Para evaluar la eficacia de la actividad se puede optar por diversos métodos: analizar el discurso de aula en su conjunto o el de los pequeños grupos formados, elegir entre el análisis de las producciones escritas a modo de conclusiones o el debate oral generado, etc. En este trabajo se ha utilizado el análisis mediante el modelo de Toulmin, que tiene una amplia aceptación como



Imagen 1. Ilustración de la experiencia conocida como *La Pièce insaisissable* (la moneda que no se puede coger), que aparece en el segundo volumen de *La science amusante* (Tom Tit, 1890)

herramienta de evaluación del nivel de argumentación oral (Erduran y otros, 2004).

En lo que sigue se describe la realización de una experiencia del repertorio tradicional de ciencia recreativa (Tom Tit, 1890; Estalella, 1918) que, a pesar de la facilidad con que se puede llevar a la práctica y del sorprendente efecto que produce en el público, no nos consta que se haya tratado con detalle en la bibliografía típica de experiencias de ciencia recreativa, excepto en los recientes comentarios realizados a la obra de Estalella (1918). La experiencia consiste en colocar una moneda sobre la mano (o el brazo desnudo) de una persona e intentar (frustradamente) desplazarla al «cepillarla» con las cerdas de un típico

cepillo de la ropa, tal como se ilustra en la imagen 1. En el análisis del comportamiento de la moneda, que se resiste a desplazarse sobre la piel en que se apoya, por más que se restriegue con el cepillo, intervienen diversos conceptos básicos de mecánica, especialmente la fuerza de rozamiento.

■ Alumnado: nivel y situación social

La experiencia y los resultados obtenidos se enmarcan en un instituto de educación secundaria público, perteneciente a un municipio del área metropolitana de Valencia. El alumnado pertenece a un grupo de 4.º de ESO en el que la asignatura de física y química es optativa.

Ejemplo 1. La fuerza de rozamiento

La experiencia se presenta sin que los alumnos sepan exactamente en qué consiste. La clase se divide en pequeños grupos (de 4-5 alumnos) y la sesión se filma y se transcribe para utilizarla como objeto de investigación. Igualmente, se decide guiar de manera mínima la experiencia, dejando en gran parte que los alumnos indaguen sin restricciones ni predisposiciones. La situación que se plantea a los alumnos es la siguiente:

Al colocar una moneda sobre una superficie lisa, como la de una mesa, resulta sumamente sencillo “barrer” la moneda con un cepillo de ropa. Sin embargo, al colocar la misma moneda sobre la palma de la mano, parece que la moneda está «pegada» a la mano y resulta imposible su desplazamiento con el cepillo. (Tal como se ilustra en la imagen 2.)

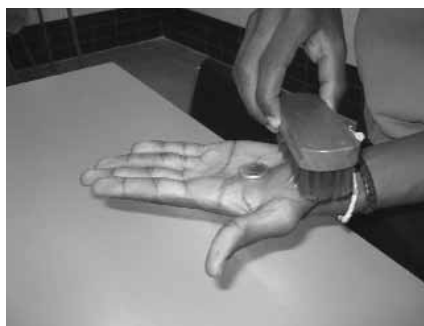
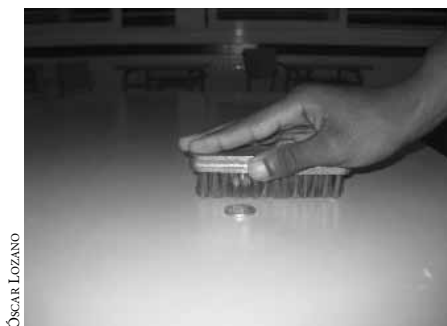


Imagen 2. La moneda puede arrastrarse fácilmente con un cepillo sobre la superficie de la mesa (izq.), pero resulta imposible arrastrarla sobre la palma de la mano (der.)

Evidentemente, en la preparación previa a la realización de la experiencia debe comprobarse que los cepillos que van a utilizarse son los adecuados, ya que la flexibilidad de las cerdas es un factor decisivo que puede afectar al resultado de la experiencia. Con los cepillos adecuados (casi todos los que se venden para retirar el polvo de la ropa) la experiencia suele ser sorprendente, ya que la moneda se desliza sin ningún problema sobre la superficie de una mesa o un pupitre, pero, por mucha fuerza que apliquemos, no se mueve cuando la moneda se coloca sobre la palma de la mano.

Desarrollo de la actividad

Se pide a los alumnos una explicación del fenómeno para que, en los pequeños grupos, emitan conclusiones que se sustenten en las pruebas y sean, en definitiva, argumentadas. En este punto conviene mencionar que, dado que los resultados previos de la investigación de la competencia argumentativa suelen indicar que los alumnos tienen un nivel bajo en la presentación de argumentos «a favor / en contra» o en la exposición de diferentes puntos de vista acerca de un mismo hecho, los docentes optan frecuentemente por ofrecer dos soluciones alternativas para que el alumnado se posicione a favor de una u otra y así se facilite el desarrollo de aspectos argumentativos (Driver y otros, 2000). No obstante, en este caso no se ha optado por dar alternativa alguna que ayude a explicar el fenómeno, sino que simplemente se pide a los alumnos que razonen por qué sucede lo que observan.

Automáticamente, durante la presentación del fenómeno por parte del profesor se observa cómo la atención del alumnado parece garantizada, ya que visualmente resulta sorprendente observar que la moneda no se mueve cuando está sobre la mano.

Todos los grupos son provistos de los cepillos y monedas necesarios para repetir la experiencia y extraer conclusiones. En ese momento se observan comentarios de asombro, lo cual confirma que se ha captado la atención de los alumnos.

Una vez transcurrido un tiempo prudencial, se solicita a los grupos que redacten una conclusión por escrito para su puesta en común.

Si bien se trabaja con las transcripciones de las discusiones sostenidas por los alumnos, para la comprobación de la validez de la propuesta, en condiciones normales, el profesor puede evaluar sin problemas la calidad argumentativa observando los debates que se producen en los pequeños grupos.

En la imagen 3 se muestra el esquema de fuerzas que actúan sobre la moneda cuando se utiliza el

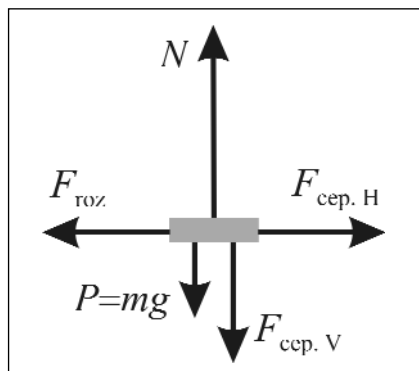


Imagen 3. Esquema de las fuerzas que se ejercen sobre la moneda apoyada en la palma de la mano, sobre la cual actúa el cepillo

cepillo. La moneda no se desliza sobre la superficie de la mano porque, tal como se sostiene en los comentarios actuales a la obra de Estalella (1918), la fuerza de rozamiento (F_{roz}) entre la moneda y la mano contrarresta la fuerza horizontal que ejercen las cerdas del cepillo ($F_{\text{cep. H}}$). Cuanto más se aprieta el cepillo para intentar desplazar la moneda, mayor es la fuerza vertical ($F_{\text{cep. V}}$) que ejercen las cerdas sobre la moneda y, por consiguiente, también son mayores la fuerza normal ($N = P + F_{\text{cep. V}}$) y la fuerza de rozamiento máxima $F_{\text{roz máx}} = m_e N$, donde m_e es el coeficiente de rozamiento estático entre la moneda y la piel.

Dado que los estudiantes suelen tener dificultades para comprender los fenómenos relacionados con el rozamiento y que ni en la ESO ni en el bachillerato se suele prestar a este tema la atención que merece, éste es un buen momento para tratar con los alumnos la fuerza de rozamiento y su importancia en multitud de situaciones cotidianas. En el segundo ciclo de la ESO el debate puede centrarse más en los aspectos cualitativos, mientras que en bachillerato conviene tratar aspectos cuantitativos y, en especial, debe quedar claro que la fuerza de rozamiento estática es igual y opuesta a la fuerza aplicada; por tanto, el valor de la fuerza de rozamiento estática varía según la fuerza que se aplique al cuerpo, el cual no comienza a moverse hasta que la fuerza aplicada supere el valor máximo $F_{\text{roz máx}} = m_e N$. Una vez que se inicia el movimiento, la fuerza de rozamiento es menor que $F_{\text{roz máx}}$ y vale $F_{\text{roz}} = m_c N$, donde ahora interviene el coeficiente de fricción cinético m_c , que es menor que m_e . Llegados a este punto, los alumnos suelen reconocer que cuesta menos desplazar un cuerpo que ponerlo en movimiento (Tipler y Mosca, 2010).

En contextos de aula «convencionales», tal vez una explicación en este sentido zanjaría todo tipo de dudas y, por resultar obvia, inhibiría la aparición de ideas por parte del alumnado. En una situación como la que se plantea, en la que, tras captar la atención e involucrar al alumnado en la explicación del fenómeno, se le permite expresar sus pensamientos con una mayor libertad, la práctica de las *destrezas científicas* se ve claramente favorecida.

Es importante considerar que la intervención del profesor debe estar encaminada a la creación del ambiente propicio para que se desarrollen los aspectos mencionados. En la experiencia aquí tratada, no fue necesaria casi ninguna intervención del docente. En otras ocasiones, una actuación «sutil», incluso introduciendo alguna explicación aparentemente plausible pero falsa (Jiménez y otros, 2009), puede dar pie al posicionamiento divergente de algún miembro del grupo. De esta manera se puede iniciar un proceso argumentativo de mayor riqueza y calidad.

Conclusiones de la experiencia

En los registros escritos proporcionados por los alumnos encontramos aspectos que coinciden con la primera aproximación, pero también algunos que «sorprenden». A partir de la experimentación y el debate, se obtienen las siguientes conclusiones en dos grupos independientes:

Grupo A: «(A) - Si los pelos del cepillo tocan la mano, se doblan de manera que ejercen menos presión sobre la moneda, cuya fuerza de rozamiento con la palma de la mano evita que se mueva»; «(B) - Al barrer la moneda por encima de la mesa, que ejerce menos rozamiento, la moneda se desliza aunque los pelos del cepillo se doblen» (imagen 4).

Grupo B: «En una superficie porosa los pelos se doblan y pierden fuerza para arrastrar a la moneda, pero en una superficie lisa los pelos no se doblan, por lo que mantienen la fuerza necesaria para desplazar la moneda».

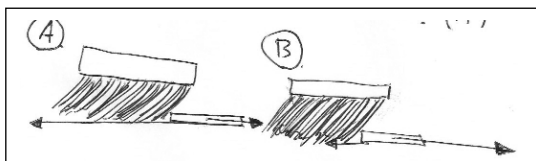


Imagen 4. Esquema dibujado por el grupo A en apoyo de sus argumentos

Es importante reseñar que en ambos grupos aparece la fricción entre la superficie y las cerdas, junto con la «flexibilidad» de éstas, como un elemento decisivo del efecto observado.

Analizando el debate oral de uno de los pequeños grupos, vemos que en su seno se ha desarrollado una casuística comple-

ja que ha «desgranado» el modelo inicial y en la que han aparecido nuevos parámetros que afectan a la explicación.

A continuación se resumen las opiniones expresadas por los alumnos, tanto las que manifiestan en sus informes escritos como las captadas durante sus debates:

Conclusiones: «...es por la superficie de la mano [gesto de concavidad de la palma de la mano]...»; «...es por la grasa de la piel»; «[tras recortar las cerdas de un cepillo]... al ser más cortas [las cerdas] se doblan menos y empujan mejor...».

Refutaciones, uso de pruebas: «No, mira [cepilla la moneda en el dorso de la mano], aquí tampoco va... también lo hemos hecho en el brazo y no funciona»; «...en la cartera también se doblan los pelos y entonces pierden fuerza».

Justificaciones: «...aquí [en la mesa] es más lisa la superficie y los pelos deslizan y no se tiran para atrás, pero en la mano los pelos se, se... contraen cuando haces así [presiona], se tiran hacia atrás y permiten que la moneda pase [por debajo]...».

Fundamentaciones: «...por la fricción. Hay menos fricción al pasar así [con las cerdas apenas tocando la mano, sin presión]»; «...la mano tiene una hendidura aquí en medio»; «...si lo aprieto más, todavía hay más rozamiento y es peor...».

Razones: Un miembro del grupo se coloca un folio encima de la mano y la moneda es arrastrada sin problemas... (afirmación de conclusiones previas) «Es por la piel», «...entonces, cuando tú la estiras, la pones totalmente plana, y sí que hace todo el esfuerzo...»; «...importa el sudor que hay en la mano también».

Nuevos datos: «[cogiendo una mochila con un libro en el interior y probando con la tela arrugada y lisa] ¡Mira!, así [tela arrugada]... Ahora ponla aquí y la estiramos totalmente...».

Validez, ámbito de aplicación: «[Un miembro del grupo barre con las cerdas casi paralelas a la superficie sobre la que se apoya la moneda] Así no vale [se había impuesto en la presentación que el cepillo estuviese con el mango paralelo a la superficie]»; «... a ver tu piel que es diferente...»; «...y si los pelos fueran más cortos para hacer más fuerza [cortan los pelos del cepillo y experimentan en la nueva situación]...».

En definitiva, se genera una situación de aprendizaje en la que el alumnado indaga, busca pruebas que confirmen o desmientan hipótesis previas y conclusiones intermedias, intenta simplificar y modelizar, buscando los ámbitos de aplicación, jugando con los límites de la situación problemática inicial y descubriendo otros parámetros que pueden resultar decisivos y a los que a priori no se prestaba atención. El debate está salpicado de nuevos ensayos (sobre una mochila, sobre papel, en distintos lugares del cuerpo) que varían las condiciones (modifican ángulos de aplicación del cepillo, cortan las cerdas), se proponen diversas conclusiones y, en muchos casos, sus refutaciones, y se adopta una conclusión final escrita.

Otras experiencias

En el mismo grupo de alumnos se han propuesto, con resultados similares, otras dos experiencias típicas de ciencia recreativa en las que el rozamiento tiene un papel relevante.

Ejemplo 2. El centro de gravedad



Imagen 5. La imagen muestra el palo de escoba apoyado sobre los dedos de las manos de un estudiante. A medida que aproximamos los dedos entre sí, se observa cómo el palo de la escoba se va desplazando alternativamente sobre los dedos de cada mano, hasta que finalmente ambos dedos coinciden en la vertical del CM del palo de escoba y la escoba (que está desplazado a la derecha del centro geométrico de la figura)

La primera consiste en la localización del centro de gravedad de un palo de escoba al sostenerlo horizontalmente sobre el dedo índice de cada mano (imagen 5). Se dice a los alumnos que muevan sólo una de las manos aproximándola hacia la otra y al hacerlo constatan con sorpresa que, en un instante dado, empieza a moverse la otra. Al preguntarles por qué se produce este comportamiento, se inicia un diálogo semejante al anterior, del cual se concluye que al ir aproximando lentamente un dedo hacia el otro cambia el peso que soporta cada dedo y, por lo tanto, la

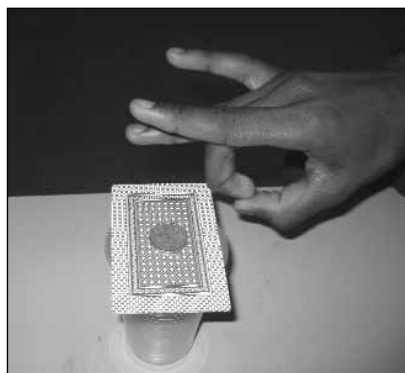
fuerza de rozamiento con el palo de la escoba, lo cual hace que se deslice el palo (o el dedo, según se mire) que soporta menor rozamiento. El proceso de «deslizamiento relativo» se produce alternativamente entre un dedo y el otro sobre los que se apoya el palo, hasta que ambos dedos coinciden en el punto que corresponde al centro de gravedad (CM), que coincide con el centro geométrico del palo, en el caso de que éste sea homogéneo. Si se repite la experiencia con la escoba enroscada al palo, se comprueba que el CM está desplazado del centro geométrico del objeto, y queda situado más próximo al extremo en el que se halla la escoba.

También se puede proponer alguna experiencia similar (García-Molina, 2005), por ejemplo con una fina varilla de madera (p. ej. la que se utiliza en los pinchos o brochetas) y repetirla añadiendo una pequeña bolita de plastilina en uno de sus extremos. La masa extra de dicha bolita hará que varíe la posición geométrica del centro de gravedad.

Ejemplo 3. Otro ejemplo relacionado con el rozamiento

La otra experiencia también está fundamentalmente relacionada con el rozamiento, con la primera ley de Newton... y con el (brevísim) tiempo durante el cual interviene la fuerza de rozamiento, aunque este último detalle suele olvidarse –incorrectamente– en muchas ocasiones. Consiste en una variante del clásico «tirón rápido» que se da a un mantel sin que se caigan los platos. Éste es un ejemplo tan conocido que incluso los propios alumnos lo utilizan como referencia durante la explicación del fenómeno.

En esencia, la experiencia consiste en colocar una moneda sobre un naipe, el cual reposa sobre un vaso, de manera que al retirar súbitamente el naipe (golpeándolo en el canto) la moneda cae en el interior del vaso (imagen 6). Si el naipe se retira del vaso poco a poco, la moneda permanece sobre la superficie del naipe.



ÓSCAR LOZANO

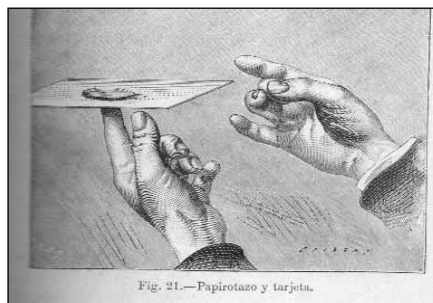
Imagen 6. Disposición de la moneda sobre el naipe, que se apoya encima de un vaso. Obsérvese que el dedo está a punto de dar un golpe seco (y, por tanto, breve) al naipe

Al igual que en la experiencia anterior, el efecto sorprendente y vistoso capta rápidamente la atención del alumnado. En la discusión en grupos, aparecen elementos típicos del discurso argumentativo que, en general, apuntan certeramente a una explicación correcta del fenómeno.

La brevísima aplicación de una fuerza elevada dota de tal aceleración al naipe que el rozamiento de éste con la moneda actúa muy brevemente y, por tanto, la aceleración que adquiere la moneda es lo suficientemente pequeña para que su desplazamiento sea despreciable, por lo que tiende a permanecer en su posición y cae en el interior del vaso porque ya no está el naipe que la sustentaba («el rozamiento de la moneda desciende al aplicar una fuerza... rápida», «si la fuerza es alta,

supera la fuerza que tiene el rozamiento con la moneda», etc.).

Se pueden realizar también pequeñas variaciones (en los objetos utilizados) para que el efecto sea más espectacular, por ejemplo apoyando la moneda sobre el naípe y éste sobre la yema de un dedo (imagen 7), que es la forma en la esta actividad aparece en textos clásicos de ciencia recreativa (Tissandier, 1887; Estalella, 1918); con cierta pericia se puede conseguir que la moneda se quede en equilibrio sobre la yema del dedo.



OSCAR LOZANO

Imagen 7. Presentación de la experiencia en el libro de Tissandier (1887)

■ Conclusiones

En resumen, las experiencias de ciencia recreativa, suelen predisponer al alumnado hacia una situación altamente participativa y se puede conseguir:

- Captar la atención: presentando el fenómeno de una manera atractiva, ya que en sí mismo lo es, se atrae la atención de los estudiantes.
- Despertar el interés: el efecto «curioso» obtenido al realizar un acto sencillo y fácil de llevar a cabo en la vida cotidiana hace que el alumnado desee experimentar el fenómeno en cuestión.
- Provocar la curiosidad: una vez que los alumnos realizan la «sorprendente» experiencia y sin mediar explicación alguna por parte del profesor, se fomenta la motivación

Las experiencias de ciencia recreativa consiguen captar la atención, despertar el interés, provocar la curiosidad y favorecer la argumentación del alumnado

intrínseca, el querer saber, el esfuerzo por encontrar la explicación del «extraño» comportamiento.

- Favorecer la argumentación: facilitar que en los grupos de trabajo aparezcan los elementos clave, que se indague, que se evalúen las pruebas o se busquen otras nuevas para explicar, de formar científicamente razonada, el hecho observado.

Referencias bibliográficas

- CAAMAÑO, A. (coord.) (2008): «La evaluación PISA en ciencias». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 57.
- DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. (2000): «Establishing the norms of scientific argumentation in classroom». *Science Education*, núm. 84, pp. 287-312.
- ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. (2004): «TAPPING into argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse». *Science Education*, núm. 88, pp. 915-933.
- ESTALELLA, J. (1918): *Ciencia recreativa. Enigmas y problemas, observaciones y experimentos, trabajos de habilidad y paciencia*. Barcelona. Gustavo Gili. (Reeditada en facsi-

- mil con comentarios actuales por Fundación Séneca, Murcia, 2008).
- FERRER-ROCA, C.; CROS, A. (2005): «¡Física, maestro! Un recorrido experimental por la física de la música». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 46, pp. 18-33.
- GARCÍA-MOLINA, R. (2005): «Espaguetti sobre dedos... deslizantes», a *Simple+mente física* [en línea]. <<http://bohr.inf.um.es/miembros/rgm/s+mf/63s+mf.pdf>>.
- (2011): «Ciencia recreativa: un recurso didáctico para enseñar deleitando». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, núm. 8 (número extraordinario), pp. 370-392.
- GERMANN, P.J. (1988): «Development of the attitude toward science in school assessment and its use to investigate the relationship between science achievement and attitude toward science in school». *Journal of Research in Science Teaching*, núm. 25, pp. 689-703.
- JIMÉNEZ, M.P. (2010): *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona. Graó.
- JIMÉNEZ, M.P. y otros (2009): *Actividades para trabajar el uso de pruebas y la argumentación en ciencias*. Santiago de Compostela. DANÚ.
- LOZANO, O., GARCÍA-MOLINA, R., SOLBES, J. (2007): «Cuatro juegos que ilustran la conservación de la energía». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 54, pp. 115-118.
- OECD (2007): *PISA 2006. Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura* [en línea]. <www.oecd.org/dataoecd/59/2/39732471.pdf>.
- SOLBES, J.; LOZANO, O.; GARCÍA-MOLINA, R. (2008): «Juegos, juguetes y pequeñas experiencias tecnocientíficas en la enseñanza-aprendizaje de la Física y Química y la Tecnología». *Investigación en la Escuela*, núm. 65, pp. 71-87.
- TIPLER, P.A., MOSCA, G. (2010): *Física para la ciencia y la tecnología*. Barcelona. Reverté.
- TISSANDIER, G. (1887): *Recreaciones científicas, o la física y la química sin aparatos de laboratorio y sólo por los juegos de la infancia*. Madrid. Carlos Bailly-Bailliere. (Reeditada en facsímil por Alta Fulla, Barcelona, 1981).
- TOM TIT (1890): *La science amusante*. París. Larousse.

Direcciones de contacto

Óscar Lozano

IES Conselleria. Valencia
 oslolu@gim.upv.es

Jordi Solbes

Universidad de Valencia
 Jordi.solbes@uv.es

Rafael Garcia-Molina

Universidad de Murcia
 rgm@um.es

Este artículo fue solicitado por Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales en junio de 2011 y aceptado en diciembre de 2011 para su publicación