

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Departament de Didàctica de les Ciències
Experimentals y Socials



LA CIENCIA RECREATIVA COMO HERRAMIENTA PARA MOTIVAR Y MEJORAR LA ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS ARGUMENTATIVAS



TESIS DOCTORAL

Presentada por: D. Óscar Raúl Lozano Lucía

**Dirigida por: Dr. D. Jordi Solbes Matarredona
Dr. D. Rafael García Molina**

Valencia, 2012

AGRADECIMIENTOS

Es habitual que la redacción de los agradecimientos de un trabajo como este, resulte uno de los apartados más breves y más complicados a la vez. La elaboración de una tesis es un punto álgido en la formación académica de cualquier estudiante y, a la hora de mostrar gratitud, nadie desea dejar en el tintero a todas aquellas personas que, de una manera u otra, han influido en el largo recorrido que ello supone. Obviamente, es imposible mencionar a todas y cada una de ellas y siempre se agrupan en familia, amigos, compañeros...

Una vez se deciden los nombres concretos, la siguiente complicación es establecer el orden, la prioridad, la influencia que han tenido, el grado de participación... Antes de seguir, y teniendo en cuenta lo dicho, pido disculpas si he olvidado a alguien cuyo nombre sea digno de aparecer aquí, o si a alguno de ellos lo he ubicado en un lugar menos significativo del que debiera estar.

La primera persona que merece mi respeto y mi gratitud es mi mujer, *Esther*, que con su cariño, su apoyo incondicional, su paciencia y su colaboración e implicación en el propio trabajo (aportando su dilatada experiencia en la docencia de la Física y Química) ha hecho posible la consecución de este *proyecto*.

Lógicamente, he de plasmar mi agradecimiento más sincero a los directores de esta tesis, *Jordi Solbes* y *Rafael García Molina*. Su esfuerzo, su profesionalidad, sus sabios consejos y su confianza en mí a lo largo de los muchos años que han pasado desde que se inició esta *obra*, han resultado esenciales para mi correcta formación como

investigador y para que este trabajo vea finalmente la luz. A pesar de los kilómetros que físicamente los separan y la dificultad que conlleva trabajar desde la distancia, han conseguido que me sienta constantemente *arropado* y *guiado* a través del duro camino recorrido.

También quiero agradecer el esfuerzo y la colaboración de todos los compañeros de profesión que, de un modo u otro, han participado en el proceso de investigación llevado a cabo, *M^a Carmen, Cristina, José, Esther, Carmen, Javier, Paco, Sonia, Xavier...* Obviamente sin ellos, resultaría imposible desarrollar un trabajo como este.

Quiero mencionar a mis padres, mi familia y mis amigos que, con su cariño y su amistad, han hecho posible soportar el esfuerzo que supone la realización de este tipo de trabajo.

Igualmente, agradezco a los alumnos que, de una manera anónima, han participado en la investigación aquí desarrollada. Al fin y al cabo, este trabajo se ha realizado *por* y *para* ellos.

Finalmente, quiero agradecer a los miembros del Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials de la Universitat de València su apoyo, su colaboración y sus enseñanzas.

Mi más sincero agradecimiento a todos.

A mi hijo, Pablo

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	5
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
2. FORMULACIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS	17
2.1. Formulación de la primera hipótesis.....	17
2.2. Fundamentación de la primera hipótesis.....	18
2.2.1. Metodología didáctica. Los procesos de enseñanza-aprendizaje.....	19
2.2.2. Consideración de las actitudes. La motivación	21
2.2.2.1. Definiciones, clasificaciones y valoración de las actitudes	21
2.2.2.2. La motivación; naturaleza, implicaciones y propuestas de intervención..	23
2.2.3. La desmotivación inherente al supuesto carácter aburrido de la ciencia y las clases de ciencias	27
2.2.3.1. La diversión frente al aburrimiento, como indicador válido de medida de la actitud.....	27
2.2.3.2. La contribución de la ciencia recreativa, mediante el uso de juegos, juguetes y experiencias lúdicas, a la hora de cambiar la visión de materia <i>aburrida</i> que los estudiantes tienen de la ciencia.....	28

2.3. Formulación de la segunda hipótesis.....	38
2.4. Fundamentación de la segunda hipótesis.....	39
2.4.1. La competencia científica. Marco legal.....	40
2.4.2. El discurso de aula en las clases de ciencias.....	45
2.4.3. La argumentación y el uso de pruebas	49
3. OPERATIVIZACIÓN Y DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA PRIMERA HIPÓTESIS.....	57
3.1. Referencias en libros de texto.....	60
3.2. Profesores en formación.....	64
3.3. Opiniones de los estudiantes.....	66
3.4. Diseño experimental para contrastar la hipótesis. 67	
3.4.1. Análisis de los libros de texto.....	68
3.4.2. Cuestionario realizado con profesores en formación.....	83
3.4.3. Cuestionario realizado con alumnos.....	88
4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA PRIMERA HIPÓTESIS.....	101
4.1. Libros de texto.....	101
4.2. Profesorado en formación.....	115
4.3. Alumnado.....	122
5. OPERATIVIZACIÓN Y DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS.....	139
5.1. Actividades de ciencia recreativa.....	143
5.2. Cuestionario de opiniones de los estudiantes...	157
5.3. Análisis de las competencias argumentativas-científicas.....	158
5.4. Cuestionarios y entrevistas a profesores que han asistido a un curso de formación específica.....	160
5.4.1. Cuestionario	161

5.4.2. Entrevista	163
6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS.....	165
6.1. Cuestionario de opiniones del alumnado.....	165
6.1.1. Resultados obtenidos con alumnos de ESO comparados con los obtenidos en el grupo de control.....	167
6.1.2. Resultados obtenidos con alumnos de ESO antes y después del <i>tratamiento</i> (pre-post).....	172
6.1.3. Alumnos de primer curso de Bachillerato...	178
6.2. Análisis de las competencias argumentativas...	182
6.3. Resultados de profesores que han asistido a un curso de formación específica	197
6.3.1. Cuestionarios.....	197
6.3.2. Entrevistas.....	203
CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.....	211
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	223
ANEXOS.....	241

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias es un cuerpo de conocimientos que está obligado a cambiar y reajustarse con el paso del tiempo. Los cambios sociales, políticos y económicos afectan de manera ineludible a la práctica de la docencia, no siendo igual de efectivo un enfoque o una metodología determinada en un momento de la historia que en otro, o entre grupos de alumnos de diferente procedencia o con distintas expectativas socioculturales. Esta *necesidad* de reajustarse a las exigencias coyunturales hace que continuamente deban revisarse ciertos aspectos, en especial aquellos relativos al proceso de enseñanza-aprendizaje.

En cualquier trabajo de investigación en didáctica de las ciencias, la detección de un problema, o un nuevo enfoque, matiz o replanteamiento de un problema ya tratado, es el punto de partida para el desarrollo de dicho trabajo. Este documento no es una excepción, y el problema al que nos hemos enfrentado, además de ser una constante a lo largo de los últimos años, ha estado históricamente presente en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. La falta de interés por el estudio de las materias científicas ha sido constatada por numerosas investigaciones y actualmente parece probado que este desinterés crece tanto con los años de escolarización como generación tras generación [Yager y Penick 1986, Solbes y Vilches 1989, Matthews 1991, Ríos 2004]. Este desinterés y rechazo que un gran sector del alumnado siente por el aprendizaje de las ciencias ha sido

calificado de *preocupante* por algunos autores [Martínez Moreno *et al.* 2004].

Por otra parte, los informes elaborados por los organismos internacionales y comités de expertos en educación [OCDE, PISA DeSeCo, Rocard] han aportado una imagen de los sistemas educativos que, en el caso de la educación científica, a todas luces requiere de un profundo análisis y revisión. Viejos *fantasmas* abordados durante décadas por la investigación en didáctica de la ciencias, asoman y confirman las carencias ya conocidas: programas sobrecargados, modelos de enseñanza y metodologías anacrónicas, descontextualización, desvinculación de la enseñanza de la ciencia con la *realidad científica...* y, todo ello, con el objetivo fundamental de educar a ciudadanos capaces de tomar decisiones y de saber valorar y analizar la información disponible en un mundo cada vez más globalizado y cada vez más *tecnológico*.

Evidentemente, esta falta de interés, hace que disminuya el número de jóvenes europeos que estudian ciencias, lo que supone un «*peligro capital para el futuro de Europa*» [Rocard, 2007] porque obstaculiza el logro de una economía del conocimiento, uno de los objetivos de la Estrategia de Lisboa de la UE. Según dicho informe «*los orígenes de esta situación pueden encontrarse en la manera como se enseña la ciencia*» [Rocard 2007]. Pero, como ponen de manifiesto recientes investigaciones [Solbes *et al.* 2007; Solbes 2011], se trata de un fenómeno complejo, multicausal, en el que influye la forma en que se enseñan las ciencias, pero también otras variables, tales como la imagen pública de la ciencia, los problemas de género y el estatus de las ciencias en el sistema educativo. Todo ello se traduce en un abandono del sistema educativo, con mayor impacto en las ciencias (como la Física), en donde inciden más causas. Este problema se

agravará si la enseñanza de las ciencias no lo tiene en cuenta y se centra en los aspectos conceptuales y propedéuticos.

Obviamente, resultaría en extremo ambicioso analizar todos ellos y tratar de dar respuestas que mejoren globalmente la situación, por lo que, en nuestro caso y como posteriormente desarrollaremos, nos hemos ceñido a una potencial causa de dicho desinterés: la visión que los estudiantes tienen de las asignaturas científicas como algo *aburrido*. Esta visión puede provocar una desmotivación en los estudiantes y es evidente que la motivación es uno de los pilares de la didáctica. Sin motivación no hay aprendizaje efectivo. Como afirma Liem [1987], la primera tarea de un docente debe ser atraer la atención del estudiante.

Posteriormente analizaremos con más detalle la evidente contribución del aspecto motivador, pero lo que resulta indiscutible es el hecho de que cada vez hay una presencia más numerosa de talleres y ponencias que tratan este aspecto en congresos y jornadas dedicadas a la enseñanza de las ciencias y, de una manera u otra, en muchos de ellos se propone el tratamiento de aspectos lúdicos de la ciencia tanto como herramienta motivadora que ayude a combatir el habitual desinterés mostrado por los alumnos, como para incorporarlos a las estrategias de enseñanza aprendizaje usadas en la práctica docente cotidiana (convenientemente dosificadas y contextualizadas).

Para constatar estos hechos, formulados como problema más adelante, se ha propuesto un estudio de la presencia de ciertos elementos, destinados a combatir el mencionado desinterés, en el ejercicio habitual de la docencia en secundaria, así como el análisis de posibles implicaciones y repercusiones sobre la motivación del alumnado. Dicho estudio se ha materializado con la ayuda de diversos instrumentos de análisis: los libros de texto, así como las opiniones de

profesorado en formación y las del alumnado. Una vez comprobada esta cuestión, se diseñará y propondrá un conjunto de actividades de ciencia recreativa, las cuales se implementarán en el aula para estudiar la repercusión tanto en la motivación como en el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumnado.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ya se ha anticipado en la introducción un esbozo del problema tratado en este trabajo, que es el creciente desinterés por las materias científicas mostrado por los alumnos, especialmente si tenemos en cuenta la relevancia de las mismas en nuestra sociedad actual, así como el abandono de los estudios científicos en nuestro país.

La importancia de la enseñanza de las ciencias en la formación académica de los ciudadanos es un hecho indiscutible. La sociedad en la que vivimos es frecuentemente considerada como una *sociedad tecnológica*, basada en los crecientes avances de la ciencia y la tecnología. No concebimos el denominado *estado del bienestar* sin la ayuda de todos los servicios que el desarrollo científico-tecnológico nos ha prestado. En los transportes, las comunicaciones y la sanidad (por citar algunos sectores de la sociedad) son esenciales dichos avances y desarrollos. ¿Cómo sería nuestra sociedad sin televisión, sin coches, sin aviones o sin teléfonos móviles? Y, lo que es quizás más importante, ¿cómo será la sociedad del futuro? Probablemente habrá una mayor dependencia de los avances científico-tecnológicos a medida que pase el tiempo y es, por tanto, imprescindible que la formación de los ciudadanos, además de asumir estos avances y realizar un uso adecuado de lo que dispone a su alcance, se esfuerce por entender la ciencia y la tecnología que los han producido.

La llamada *alfabetización científica*, término frecuentemente utilizado hoy en día, cuya base se remonta a la década de 1950 [DeBoer 2000], debe imponerse si deseamos una sociedad formada de acuerdo a los

tiempos en los que vivimos. La idea de alfabetización matiza y enriquece el concepto de educación científica, ya que, entre otros aspectos, afecta a *todos* los estudiantes evitando las desigualdades. En los *National Science Education Standards* [Nacional Research Council 1996] encontramos en su primera página el siguiente texto: «En un mundo repleto de productos de la indagación científica, la alfabetización científica se ha convertido en una necesidad para todos: todos necesitamos utilizar la información científica para seleccionar entre las opciones que se nos presentan día a día. Todo el mundo necesita ser capaz de tomar parte, de una manera inteligente, en discursos públicos y debates referentes a los importantes asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología; y todos merecemos participar de la emoción y la satisfacción personal que puede producir el aprendizaje y la comprensión del mundo natural». Más adelante se resume el objetivo básico de su elaboración: «El intento de los *Patrones (Standards)* puede expresarse en una sola frase: *Patrones Científicos (Scientific Standards)* para TODOS los estudiantes».

Tanto en esta como en otras más recientes declaraciones de principios [Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI, Declaración de Budapest 1999], se pone especial énfasis en la necesidad de una formación científica adecuada para *participar en la toma de decisiones*, máxime teniendo en cuenta la actual situación de emergencia planetaria, percibida no solamente por el mundo de la ciencia y la tecnología, sino también por periodistas, políticos, artistas, economistas...

Gracias a estas inquietudes, ha tomado *ímpetu* la noción de competencia, traspasándose al currículo, y se ha demostrado que la enseñanza basada únicamente en conceptos es, definitivamente, obsoleta. El proyecto DeSeCo (Definición y Selección de Competencias) define competencia como: «La capacidad de responder

a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada. Supone una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamiento, que se movilizan conjuntamente para conseguir una acción eficaz». La definición de competencia dada por Eurydice [2002], es la: «capacidad de actuar eficazmente en situaciones diversas, complejas e imprevisibles».

Aparece así, un abanico de términos nuevos que los diferentes sistemas educativos han pasado a integrar en sus currícula, de diferentes maneras pero conservando el espíritu implícito en estas definiciones.

Como ya hemos apuntado, diversas investigaciones [Yager y Penick 1986, Solbes y Vilches 1989, 1997] han constatado un aumento en el desinterés de los estudiantes hacia las ciencias. Por otra parte, señalan como los principales causantes de su actitud desfavorable, de su desinterés hacia la ciencia y su aprendizaje, el hecho de enseñar una ciencia descontextualizada (es decir, sin relaciones CTSA), poco útil y sin temas de actualidad, junto a otros factores, como el método de enseñanza del profesor, al que califican de aburrido y poco participativo, la escasez de prácticas y la falta de confianza en el éxito cuando son evaluados. Generalmente, los libros de texto han contenido problemas y cuestiones de escaso sentido práctico, al no estar relacionados con el entorno del alumnado, por lo cual les resultan poco atractivos [Vinagre Arias et al. 1998]. Todo esto se ha traducido en una significativa disminución del número de alumnos que estudian ciencias en los países occidentales, tal como se constata desde finales de la década de 1980 [Matthews 1990, Dunbar 1999]. Además, y tal vez paradójicamente debido al grado de desarrollo científico-tecnológico y la dependencia económica de éste, los estudiantes de los países occidentales valoran más negativamente las asignaturas

científicas y tecnológicas (y desean en menor medida obtener trabajo en estos campos) que los estudiantes de países en vías de desarrollo [Sjøberg y Schreiner 2006].

Parece que las metodologías pobres, mayoritariamente expositivas y descontextualizadas, y los tediosos manuales se han aliado para conseguir desanimar a generaciones enteras de alumnos y colgar a materias como la física el sambenito de *hueso* [Martínez 2001]. Más o menos, está aceptado socialmente que los expertos en formación docente apuestan por una mejora en la didáctica, de manera que las materias científicas sean cercanas al alumnado y no queden ahogadas entre fórmulas matemáticas [Morán 2005].

Además de esto, los continuos cambios en los sistemas educativos complican todavía más la situación. Un ejemplo de estos cambios lo representa la extensión de la enseñanza obligatoria a los 16 años, que a pesar de haber supuesto una indudable ventaja, ha llevado consigo una convulsión en las escuelas, obligando a los docentes a replantearse sus métodos de enseñanza, mayoritariamente sin ayuda externa, y enfrentarse al reto que plantean los nuevos problemas de actitud y disciplina [Perales Palacios y Vílchez González 2005, Gavidia 2005].

El traspaso de ideas provenientes de la Didáctica al marco legal se analizará posteriormente, pero ¿realmente se aplican los resultados de la investigación y la innovación en didáctica de las ciencias en el trabajo habitual del docente? A tenor de los resultados de las diferentes investigaciones se ha constatado su escasa efectividad en la renovación curricular, tanto en otros países como en el nuestro [Anderson y Mitchener 1994, Jiménez-Aleixandre y Sanmartí 1995] y que la investigación didáctica tiene poco impacto sobre la práctica educativa [Briscoe 1991, Pekarek et al. 1996, Sanmartí y Azcárate

1997, Gil et al. 1998, Solbes y Souto 1999, Solbes et al. 2004]. Según las cuatro últimas referencias anteriores, parece que en España no han calado las ideas mencionadas entre el profesorado y, lógicamente, los resultados en los estudiantes no son nada halagüeños. Aunque tal vez esto sea motivo de otro trabajo de investigación, el papel del docente y su respuesta ante las innovaciones en materia educativa son una parte del problema muy a tener en cuenta ya que, muy frecuentemente, los docentes no llegan a entender el significado de las nuevas *terminologías*, percibiéndolas como una forma distinta de decir algo conocido y que, en el fondo, no entraña nada útil para su práctica diaria, atribuyendo su existencia a *modas* que igual que vienen, se van. La labor de asumir las nuevas tendencias, fruto de la investigación y la evaluación, no es una cuestión baladí. Cualquier innovación que facilite este trabajo debería ser considerada y estudiada en profundidad.

En definitiva, nos enfrentamos a una creciente *necesidad social* de aprendizaje científico-tecnológico que convive con un aumento en el desinterés, la desmotivación y una actitud negativa por parte de los estudiantes hacia las materias científicas.

Profundizando en este aspecto problemático, en aras de una conveniente acotación que permita un tratamiento adecuado, se observa que la mencionada descontextualización es sin duda uno de los motivos que empobrecen la imagen de la enseñanza de las ciencias, causando una actitud desfavorable y un desinterés por parte del alumnado. Pero ciertos aspectos, en parte relacionados con dicha descontextualización, influyen decisivamente en la visión final que los estudiantes tienen de las materias científicas (y, por ende, de la ciencia en general).

David L. Goodstein, en la serie de vídeos educativos *El universo mecánico*, afirma que en cartas del siglo XVII ya consta que los estudiantes de la época consideraban la Mecánica como una materia *aburrida* y que es tarea de los docentes despertar el interés por la misma [Goodstein 1992].

La Agencia Espacial Europea (ESA), el Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN) y el Observatorio Austral Europeo (ESO) vienen realizando en los últimos años un programa de actividades (*Physics on Stage*, ahora denominado *Science on Stage*), cuyo objetivo es proponer otras formas de enseñar la física *sin aburrir*, evitando el bostezo del alumnado tal como se refleja en la convocatoria de *Physics on Stage*.

Como ya se ha comentado, la ampliación en la edad de escolarización puede llevar consigo ciertos cambios, en especial en lo referente a las distintas motivaciones del alumnado. Así, uno de los rasgos mostrados por los alumnos de bajo rendimiento es la afirmación de que *se aburren*. Pero, quizás paradójicamente, es habitual oír que los niños más listos se quejan algunas veces de que el trabajo en la escuela es *aburrido* [Reid y Hodson 1997]. Tenemos, pues, que un amplio espectro de la población estudiantil *se aburre* en las clases y, teniendo en cuenta que quizás la clave del éxito resida en mantener unos niveles elevados de motivación, el fracaso parece garantizado. Considerando la motivación desde el punto de vista axiológico, podemos entender dicho aburrimiento como un estado emocional no deseado. Las emociones juegan un papel fundamental en nuestras funciones cognoscitivas, cuya estructura viene definida por la energética de la conducta, representada por la afectividad, aspecto en el que coinciden tanto los iniciadores de la psicología cognitiva [Piaget 1996] como los actuales neurocientíficos [Damasio 2001].

El posterior planteamiento de nuestra hipótesis nos enfrenta con esta realidad. Los estudiantes no están motivados, están *aburridos* y así la enseñanza de las ciencias no puede ser efectiva.

Evidentemente, e incluso atendiendo exclusivamente al significado de la palabra *aburrimiento*, los juegos, los juguetes y cualquier elemento *divertido, entretenido o recreativo*, podría atenuar este constatado *aburrimiento* estudiantil. Incluso el gran físico y docente Richard Feynman, afirmaba: «...*primero divierte al niño con juegos y, luego, lentamente, ¡inyéctale material de valor educativo!* » [Feynman 1969].

Pero, una vez más se plantea la cuestión: ¿atienden los docentes a estas recomendaciones? Parece plausible afirmar que las actividades desarrolladas en el aula deberían tener en cuenta los informes y recomendaciones mencionadas y su correspondiente transposición al marco legal. No obstante, parece que no es así, y que las actividades que mejoran el interés y la motivación no son las más habituales en los contextos de enseñanza-aprendizaje habituales. No parece tener importancia a la hora de diseñar actividades de aula el hecho de que éstas puedan favorecer la adquisición de competencias. Los mismos informes y pruebas evaluativas, así como las investigaciones al respecto [PISA 2006, Solbes et al. 2010, Pro 2012] parecen indicar que los alumnos no han adquirido las competencias deseada. Concretando en el caso de la argumentación, entendiendo ésta como una competencia *aglutinadora*, como más tarde se tratará, los estudiantes presentan en general un bajo nivel de competencia argumentativa.

Así pues, surgen de nuevo preguntas tales como las siguientes: ¿Se tienen en cuenta los juegos, los juguetes y demás elementos recreativos en la enseñanza de las ciencias y de la tecnología? ¿Qué

efectos puede tener su ausencia en la imagen que tienen los estudiantes de estas áreas y en su motivación hacia el estudio de las mismas? ¿Se presta realmente atención a la falta de motivación e interés por parte del alumnado en las materias científicas y por ende a la adquisición de la competencia actitudinal? Y por otra parte, ¿las actividades de ciencia recreativa pueden realmente favorecer la adquisición de competencias científicas y argumentativas y mejorar la motivación de los estudiantes?

La respuesta a estas preguntas constituye el objetivo principal de este trabajo.

2. FORMULACIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

2.1. FORMULACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS

En el capítulo anterior se ha planteado un problema bastante generalizado en las aulas, la falta de interés así como la desmotivación de los estudiantes y, especialmente, su rechazo hacia las asignaturas científicas. También se ha comentado cómo parte de este problema podría deberse a un extremado carácter *aburrido* de las mismas. Igualmente, se han apuntado ciertas estrategias *naturales* que pueden proponerse para combatir el aburrimiento. Las actividades lúdicas (juegos por definición) o recreativas son, en general, y por supuesto en la enseñanza, auténticos remedios contra esta actitud.

En el caso de la ciencia y la tecnología, estas afirmaciones son probablemente más válidas que en cualquier otro campo, ya que los juegos y los juguetes suelen despertar la curiosidad y, en muchos casos, requerir destrezas y habilidades manuales específicas, cualidades inherentes al trabajo científico y tecnológico. Además, los juguetes están “llenos de física” y evidentemente son objetos de la vida cotidiana, en especial de la de los alumnos más jóvenes, pudiéndose contextualizar con su uso muchos conceptos teóricos. Así pues, el uso de los juegos y juguetes constituye una metodología a tener en cuenta en las clases de ciencias.

Si bien la literatura está llena de referencias sobre el uso de juguetes, en la enseñanza de las ciencias, en especial la física [Taylor et al.

1990,1995, Sarquis et al. 1995, 1997, 2005, Sarquis 1996, Taylor 1998, McCulloug y McCulloug 2001, Hademenos 2006], es necesario responder a cuestiones tales como: ¿qué uso de estas aproximaciones metodológicas se está haciendo por parte de los docentes? o ¿qué atención prestan los libros de texto a estos recursos?

A propósito de todas estas observaciones y de la serie de preguntas formuladas, podemos emitir la **primera hipótesis fundamental de este trabajo**, la cual queda expresada como sigue:

El uso de juegos, juguetes y pequeñas experiencias recreativas no se tiene en cuenta suficientemente en la actual enseñanza de las ciencias y la tecnología, lo cual puede generar una imagen de estas materias como algo aburrido y contribuir a la desmotivación del alumnado.

2.2. FUNDAMENTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS

Para fundamentar la hipótesis anterior, haremos un breve repaso histórico de las diferentes corrientes de pensamiento sobre la didáctica de las ciencias y sus respectivas metodologías asociadas, comentaremos el interés especial que tiene el aspecto *motivacional*, especialmente en los últimos tiempos y analizaremos en profundidad la desmotivación inherente al supuesto carácter *aburrido* de la ciencia y las clases de ciencias, conectando todas estas ideas con la hipótesis emitida, pudiendo comprobar cómo el uso de estos *recursos* o *prácticas metodológicas recreativas*, satisfacen todas las exigencias que la investigación en didáctica de las ciencias ha revelado como esenciales.

2.2.1. Metodología didáctica. Los procesos de enseñanza-aprendizaje

El análisis del proceso de enseñanza-aprendizaje realizado por el cuerpo de conocimientos de la didáctica de las ciencias ha revelado la existencia de distintos modelos metodológicos que, en determinados momentos de la historia, en determinados lugares o con determinados profesores, han sido utilizados por los docentes con mayor o menor éxito para llevar a cabo su tarea. Desde el modelo *tradicional* de enseñanza por transmisión de conocimientos, en el que la mente del estudiante es considerada un recipiente vacío que el docente debe *llenar* de conceptos, hasta los nuevos modelos constructivistas, de aprendizaje por investigación guiada [Furió 1996, Furió 1999y Guissasola 1999, Gil 1996], por integración jerárquica de modelos explicativos [Pozo y Gómez Crespo 1998], o el aprendizaje generativo [Cosgrove y Osborne 1985], numerosas propuestas han visto la luz y han sido adoptadas o rechazadas en función de los resultados obtenidos. Conceptos desconocidos de manera explícita, aunque en muchos casos aplicados y utilizados por puro sentido común, a lo largo de los años han aparecido. El aprendizaje por descubrimiento o la transmisión-recepción significativa [Ausubel et al. 1978] aparecieron como modelos metodológicos destinados a ser la panacea de los males existentes en la educación. A pesar de algunos fracasos, estas tendencias, *revolucionarias* en su momento, constituyeron, en definitiva, puntos de partida para el replanteamiento global de los modelos de aprendizaje, suponiendo un elemento dinamizador de una enseñanza que permanecía anclada en métodos tradicionales asumidos de una manera casi dogmática [Perales y Cañal 2000].

La importancia de las ideas previas de los alumnos y las concepciones alternativas, el papel de la evaluación, la cuestionable utilidad de las prácticas de laboratorio tal y como habitualmente se proponen o el

replanteamiento en la formulación e interés de los ejercicios de cálculo de lápiz y papel (entre otros muchos factores), han aparecido a lo largo de los años como conceptos muy a tener en cuenta en el panorama educativo [Calatayud M.L. et al. 1994]. El constructivismo, generalmente aceptado de manera global, ha trascendido a la labor docente y ha influido significativamente en la elaboración de leyes y planes educativos en numerosas naciones. Según Driver y Odman [1986], algunas de sus principales características que cabe mencionar son:

- Todo el aprendizaje depende de los conocimientos previos de quien aprende.
- El aprendizaje no es la simple reproducción de los conocimientos recibidos, sino una construcción activa de significados.
- La información fragmentada y aislada es olvidada, reteniéndose a largo plazo y constituyendo un aprendizaje significativo aquello que posee una estructura definida y ligada de múltiples formas con lo que se sabe.

Tras años de investigación en didáctica de las ciencias, y sin olvidar las consideraciones iniciales de que este campo del saber debería estar en continua evolución, cualquier metodología propuesta deberá en principio cumplir con los principios básicos constructivistas. No obstante, y como veremos con más detalle en el punto siguiente, el plano conceptual no es, ni mucho menos, el único al que se le debe prestar atención. El aspecto *motivacional* del proceso de enseñanza-aprendizaje debería constituir un elemento esencial, pero el constructivismo, en principio, es quizás excesivamente conceptual y metodológico. Pese a que muchos trabajos han puesto énfasis en los

aspectos actitudinales y en la contextualización [Aikenhead 1988, Solbes y Vilches 1989, Duschl y Gitomer 1991, Gil *et al.* 1991, Gil 1993, Solbes y Traver 1996, 2003], esa no parece ser la corriente dominante.

Si se plantea el uso de elementos *poco convencionales*, como son los juguetes o los juegos, para introducirlos (de forma convenientemente planificada) en el desarrollo habitual de las clases de ciencias, es harto probable que nos encontremos con detractores. No es extraño que al unir, por una parte, la idea de que la enseñanza usual sigue, en gran medida, anclada en la enseñanza por transmisión verbal de contenidos conceptuales y, por otra, el carácter básico del constructivismo, como se ha dicho, excesivamente conceptual y metodológico, los juegos y los juguetes no tengan demasiada cabida en las metodologías utilizadas habitualmente por los profesores de ciencias

A pesar de todo, existen ejemplos de *modelos* constructivistas en el que se tiene especialmente en consideración la captación de la atención del estudiante, como es el caso del propuesto por Banet y Núñez [1997], en el cual la aproximación al mundo de los estudiantes se realiza tratando la nutrición humana, donde la secuencia de enseñanza diseñada se centraba en actividades *sorprendentes* o *atractivas* que captaran la atención de los estudiantes.

2.2.2 Consideración de las actitudes. La motivación

2.2.2.1. Definiciones, clasificaciones y valoración de las actitudes

Hemos visto cómo se han sucedido diferentes modelos de enseñanza-aprendizaje, y en algunas ocasiones erigidos como óptimos, a lo largo de la investigación en didáctica de las ciencias. Pero es notable

observar cómo la mayoría de los trabajos de investigación realizados se focalizan en el aprendizaje de conceptos, ya sea desde un punto de vista de mero análisis de cambio conceptual o introducido desde diferentes modelos de enseñanza constructivista [Posner et al. 1982, Oliva 1999].

Las actitudes (reconocidas en la propia LOGSE como contenido, al mismo nivel que los conceptos y los procedimientos) son un constructo complejo y multidimensional, influenciado por una miríada de variables, que ha demandado clarificación y exhaustivo análisis para evitar la naturaleza inicialmente vaga, inconsistente y ambigua que presenta [Germann 1988]. Existen diferentes formas de clasificar las actitudes [Munby 1983, Vázquez y Manassero 1995, Manassero *et al.* 2001] en las cuales encontramos una división en dos categorías principales: actitudes científicas y actitudes hacia la ciencia. Las primeras, a su vez, se entienden como las maneras particulares en las que un individuo se enfrenta a la resolución de problemas, la valoración de ideas e información, la toma de decisiones, la predisposición a la objetividad, la evaluación crítica, el escepticismo, etc., todas ellas características propias de la manera de pensar y actuar de un científico disciplinado. Las actitudes hacia la ciencia hacen referencia (sirviendo en alguno de los casos citados como propia clasificación) a las actitudes adoptadas hacia el papel de la ciencia y de los científicos, las carreras científicas, los métodos de enseñanza de la ciencia, determinadas partes de un currículo, procesos y productos tecnológicos, implicaciones sociales de la ciencia y la tecnología y sus relaciones con el medio (CTSA), etc.

Si bien en unos casos se muestra de manera más patente que en otros, y a pesar de las dificultades encontradas para la validación de los instrumentos de medida de las actitudes y sus continuas revisiones [Munby 1997], parece evidente la correlación entre la actitud y el

éxito en el aprendizaje, siendo este último mayor cuanto más positiva sea la actitud mostrada [Weinburgh 1995]. Así pues, debe prestarse especial atención a la actitud como indiscutible motor del aprendizaje, ya que en el caso de que ésta resulte negativa puede mermar la motivación del alumnado y dificultar, en buena medida, el éxito en el aprendizaje.

Con todo, y como se ha visto en el planteamiento del problema, el interés que la ciencia en general y el aprendizaje de las materias científicas en particular, despiertan en el alumnado es cada vez menor y no sólo en nuestro país [Piburn y Baker 1993].

2.2.2.2. La motivación: naturaleza, implicaciones y propuestas de intervención

Weinburgh [1995] afirma que, históricamente, la investigación en didáctica de las ciencias se había centrado en resultados educacionales específicos. Continúa comentando que «hasta hace 20 años, el mayor foco de atención de dichas investigaciones se encontraba en objetivos educativos en el campo cognitivo. Recientemente, el campo afectivo no sólo ha sido aceptado como una parte relevante de la educación, sino que también ha llegado a ser un foco considerable de investigación».

En el mismo sentido, ya anteriormente se habían resaltado las dificultades teóricas que presenta un modelo de cambio conceptual, *frío* o *extremadamente racional*, que sólo se centre en los aspectos cognitivos sin considerar el modo en el que los aspectos *motivacionales* del alumnado pueden facilitar o dificultar el cambio conceptual [Pintrich *et al.* 1993].

No obstante, como ya hemos visto, recientes estudios manifiestan que la mayoría de investigaciones sobre el constructivismo y la didáctica

de las ciencias no han puesto atención sobre la motivación, pese a ser reconocida como un importante factor en la construcción del conocimiento y en el proceso de cambio conceptual. Por el contrario, un enorme número de estudios han continuado siendo *devotos* de la descripción y el análisis de las concepciones de los estudiantes. Asimismo, siendo evidente que el constructivismo es el paradigma dominante en el aprendizaje de las ciencias y pese al enorme número de investigaciones en educación científica realizadas desde una perspectiva constructivista, la cuestión de cómo implementar en el aula un modelo de enseñanza consistente con un punto de vista constructivista es todavía una cuestión de interés. «En las últimas dos décadas se han propuesto diversos modelos de enseñanza *constructivístamente informados*, pero a estas alturas, ninguno ha obtenido una aceptación generalizada» [Palmer 2005]. Además, un análisis de algunos de estos modelos muestra su limitación a la hora de integrar explícitamente los aspectos motivadores e, incluso, algunos aspectos de los modelos no están enteramente de acuerdo con los puntos de vista actualmente aceptados sobre la motivación.

Como se ha comentado, las actitudes han sido calificadas como constructos de carácter vago, ambiguo... La motivación, como parte de las actitudes, tampoco se escapa de esos apelativos, pero se ha realizado un importante esfuerzo para clarificar su naturaleza. Podemos encontrar numerosas definiciones: «motivar es cambiar las prioridades de una persona» [Claxton 1984, Carmen 1997] o «la motivación es un estado interno que activa, guía y mantiene la conducta» [Green 2002]. Centrándonos en educación, la motivación se ha definido como «cualquier proceso que activa y mantiene un comportamiento predispuesto al aprendizaje» [Palmer 2005].

En un intento de clarificar la naturaleza de la motivación, por su carácter de efecto sobre el sujeto, se ha dividido en motivaciones al

logro (éxito, placer, satisfacción) y motivaciones para *evitar el fracaso* (frustración, dolor), mientras que por su carácter interno o externo al sujeto, se han clasificado en motivación *intrínseca* y motivación *extrínseca* [Elliot y Church 1997, Elliot y McGregor 2001].

Ryan y Deci [2000] definen estas últimas del siguiente modo: «motivación intrínseca [...] hace referencia a hacer algo porque es inherentemente interesante o placentero, y motivación extrínseca [...] hace referencia a hacer algo porque tiene un resultado visible», lo cual, visto desde un punto de vista educativo, puede entenderse pensando que las motivaciones extrínsecas se centran en aspectos externos al individuo y a la tarea, como pueden ser los premios y recompensas, privilegios, atenciones, elogios, etc.; por ejemplo, un docente puede dar a los alumnos una *medalla* por el trabajo bien hecho. Este tipo de motivación ha sido frecuentemente utilizado en las clases, pero su efectividad en algunos aspectos ha sido cuestionada (las recompensas *tangibles* esperadas, como el ejemplo de la medalla, en contraposición a elogios verbales o premios inesperados, puede tener un fuerte efecto negativo en otros aspectos motivacionales [Deci *et al.* 2001]).

Por otra parte, la motivación intrínseca está directamente relacionada con las actividades a realizar. De acuerdo con la teoría de la motivación intrínseca [White 1959], una persona siente un placer instintivo cuando aprende algo nuevo o supera con éxito una tarea ardua. Esto crea un sentimiento de confianza y dominio que es autoestimulante, de manera que el estudiante estará más predisposto a realizar futuras actividades de aprendizaje, simplemente por el placer del éxito.

Si hasta ahora hemos visto cómo las definiciones y clasificaciones de las actitudes en general, y de la motivación, en particular, son muchas y muy variadas, las propuestas de mejora del aspecto motivacional son igualmente diversas, aunque con ciertos nexos y aspectos comunes. Partiendo de las cuatro propuestas motivacionales de Adar [1969]: «necesidad de éxito», «satisfacción de la curiosidad», «liberación del deber» y «asociación con otros individuos», Kempa y Díaz [1990a, 1990b] las amplían con subcategorías que intentan concretar más aún este aspecto actitudinal y sugieren que, en cualquier caso, debe existir una alta correlación entre la motivación y el aprendizaje. Por su parte, Lepper y Hodell [1989] proponen que la motivación intrínseca puede ser realizada en las clases planteando desafíos, promoviendo en los estudiantes la curiosidad, la fantasía y aumentando el control (sentimiento de autodeterminación y autonomía, que puede ser estimulado permitiendo, por ejemplo, que los estudiantes elijan a sus propios compañeros de grupo de trabajo o la tarea que van a realizar entre diversas opciones propuestas).

La adecuación de tareas al nivel del alumnado para garantizar el éxito en su realización, la variedad en las actividades realizadas en clase, la retroalimentación en la evaluación, los comentarios positivos, las experiencias prácticas, la contextualización mediante relaciones CTSA, las cuestiones y experiencias sorprendentes o paradójicas, el clima afectivo de las clases, las experiencias informales típicas de contextos extraescolares, las actividades realizadas en grupos, las salidas del centro escolar y un largo etcétera, han sido propuestas más o menos eficaces y validadas a la hora de mejorar el aspecto motivacional del alumnado. Como se ha comentado, es un amplio campo de acción para la didáctica de las ciencias y, obviamente, resulta inabordable como tal en un trabajo de investigación como el presente. Por ello, es absolutamente necesaria una mayor

determinación, que en nuestro caso nos ha conducido a un aspecto muy concreto y particular, pero, a nuestro juicio, altamente crítico en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias: la percepción, desmotivadora, de las clases de ciencias como algo *aburrido*.

2.2.3. La desmotivación inherente al supuesto carácter *aburrido* de la ciencia y las clases de ciencias

2.2.3.1. La diversión frente al aburrimiento, como indicador válido de medida de la actitud

En su intento por delimitar de manera efectiva ciertos aspectos actitudinales de la ciencia en la escuela, Germann [1988] propone un test evaluativo de la actitud hacia la ciencia en la escuela (ATSSA, Attitude Toward Science in School Assessment), con una escala de cinco valores (desde muy de acuerdo hasta muy en desacuerdo) para 14 ítems. De estos 14 ítems, tres apuntan explícitamente al carácter *aburrido* o *divertido* de la ciencia: «la ciencia es divertida (Science is fun)», «la ciencia es fascinante y divertida (science is fascinating and fun)» y «La ciencia es aburrida (science is boring)».

Análogamente, en un estudio cualitativo sobre actitudes hacia la ciencia realizado con alumnos de diferentes etapas educativas por medio de entrevistas personales [Piburn y Baker 1993], se afirma rotundamente que «el punto más recurrente es el hecho de que ellos (los estudiantes) encuentran aburridas sus clases de ciencias. Muchos, pensaban que hacer la ciencia más divertida sería mejor», remarcando en las conclusiones que el alumnado de últimos cursos de secundaria estaba más interesado que ningún otro grupo en hacer la escuela «más divertida» y, más concretamente, el alumnado de primaria demandaba actividades para que la ciencia fuera «más divertida».

Por tanto, nuestra suposición realizada en el planteamiento del problema parte de premisas fundamentadas. Así pues, uno de los objetivos de este trabajo es analizar la validez actual de estas afirmaciones en el alumnado español, confirmando o desmintiendo el hecho de que la ciencia resulte algo aburrido para los estudiantes, ya presupuesto implícitamente en nuestra hipótesis.

2.2.3.2. *La contribución de la ciencia recreativa, mediante el uso de juegos, juguetes y experiencias lúdicas, a la hora de cambiar la visión de materia aburrida que los estudiantes tienen de la ciencia.*

Diferentes estudios han intentado encontrar vías que modifiquen este aspecto motivacional caracterizado como una visión de la ciencia como algo aburrido. Una de las estrategias empleadas ha sido la de utilizar el humor con el uso del cómic como herramienta didáctica motivadora, que sirve para estimular y mejorar el proceso de aprendizaje, además de combatir la imagen estereotipada de los científicos, demasiado seria y aburrida [Worner y Romero 1998, Garcia-Molina 2001, 2002, 2003a, 2009, Perales Palacios y Vílchez González 2005]. Ya sea como referencias puntuales que despiertan la atención, o como objeto principal de estudio, esta técnica es en general bien acogida tanto por los estudiantes como por los medios de comunicación y los organismos científicos oficiales [Garcia-Molina 2001, 2002, 2003a, Ros Ferré y Fabregat Fillet 2005]. Es evidente que, como ésta, diversas herramientas didácticas pueden colaborar en este *cambio actitudinal* [Ferrer y Cros 2005], pero es indiscutible que la propia esencia de un juego o un juguete es justamente combatir el aburrimiento. Pero, en cualquier caso, esto no bastaría para que esta herramienta propuesta sea considerada como un elemento esencial para que se produzca dicho cambio. Es lícito exigir que cualquier

herramienta encaminada a llevar a cabo esta tarea cuenta, además, con el beneplácito de los principios didácticos aplicados a la enseñanza de las ciencias, que a lo largo de décadas de investigación se han mostrado como válidos e inexcusables. Todos los factores que hemos visto hasta ahora, además del puramente motivador ya considerado, deben estar presentes en una propuesta de este tipo; sacar a la luz ideas del alumnado, acercar la ciencia a la realidad cotidiana del estudiante, considerar las relaciones CTSA, aproximar al alumnado al verdadero carácter del trabajo científico, provocar el conflicto de ideas y el cambio conceptual, garantizar el éxito en las actividades, promover el trabajo en grupo, permitir la emisión de hipótesis y el diseño experimental, valorar los resultados obtenidos, conectar la realidad de fuera de la escuela con la actividad en la escuela..., en definitiva, cubrir prácticamente todos los contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) que se requieren en un currículo de ciencias. Y, como veremos a continuación, parece que la ciencia recreativa (término que obviamente engloba los juegos, los juguetes y las pequeñas experiencias lúdicas y vistosas) cubre todo este espectro y se adecua perfectamente a cualquier modelo constructivista consistente con la importancia del aspecto motivacional.

Una aproximación histórica del uso de esta herramienta nos hace retroceder hasta el mismísimo Galileo, quien «vendía los telescopios que fabricaba como *juguetes* para los niños...» [Goodstein 1992]. También nos consta, que «A principios del siglo XVIII, los científicos tenían que ganarse su *audiencia*, y con ese fin necesitaban hacer demostraciones ostentosas [...] los electricistas del siglo XVIII eran frecuentemente actores consumados...» [Goodstein 1992].

Las sesiones de ciencia recreativa eran bastante habituales entre la gente de la alta sociedad del siglo XIX, que se reunía para entretenerse con experimentos, más o menos, científicos, igual que lo hacían con

recitales de poesía, conciertos... [García Molina 2005b, 2011]. Esto ha quedado patente en numerosas obras de la época dedicadas a dichas recreaciones.

A principios del siglo XIX, García Castañer [1833] ya nos acercaba al mundo de la «magia descubierta» por medio de explicaciones científicas de experiencias sorprendentes, con afirmaciones tales como «el mayor gusto que se puede tener, después de haberse divertido con objetos que interesan la curiosidad, es el de satisfacerla». En la misma época, Accum [1836], también nos apunta el potencial motivador de estas prácticas si las realizan los propios alumnos, diciendo: «[...] La costumbre de reflexionar sobre las dificultades que retardan, en general, los progresos de los que se dedican al estudio de la química, me ha convencido que cuando éstos ejecutan por si mismos las operaciones que presentan los resultados más inesperados y las experiencias más placenteras, fijan mucho más su atención en estos fenómenos, que quedan también más firmemente grabados en su memoria que cuando asisten a las cátedras públicas en las que escuchan una serie de preceptos puramente teóricos...». Igualmente, Gaston Tissandier [1887] elogia el uso de la ciencia recreativa como instrumento pedagógico y divulgador: «La idea de ejecutar experimentos de física empleando únicamente objetos de uso común fue buena, puesto que ha sido eminentemente útil para la enseñanza elemental. La divulgación científica presentada como pedagogía o como juego, tiene un profundo interés. Su atractivo consiste en que fenómenos y mecanismos son explicados científicamente a partir de un efecto inicial sorprendente». Similares comentarios son asociados a las experiencias descritas por Robert [1899].

Ya en el siglo XX, encontramos artículos en publicaciones científicas que recurren al uso lúdico de la ciencia como herramienta motivadora. Lionetti [1951], utiliza juegos de cartas para el aprendizaje de la

formulación química, resaltando que su uso «ahorra tiempo de explicación y es especialmente efectivo y estimulante en educación secundaria».

Igualmente, en las décadas de 1960 y 1970 se editan y reeditan numerosos libros que, de una manera u otra, abordan el tema de la ciencia recreativa. La palabra «recreativa» aparece explícita en títulos como *Física recreativa* [Perelman 1971, Mandel 1976], *Ciencia recreativa* [Estalella 1918], *Electrónica recreativa* [Reuen 1969], *Química recreativa* [Mullin 1963], *Geoquímica recreativa* [Fersman 1973], etc., encontrando en todos ellos expresiones de elogio hacia esta herramienta didáctica, del tipo: «dejad que los niños se aficionen a frivolidades, nimiedades, insignificancias, juegos de sobremesa, pues todas ellas han despertado latentes inteligencias y han revelado insospechadas aptitudes y vocaciones» [Estalella 1918] o «los fantásticos experimentos que se describen, pueden servir de magníficas y animadas ilustraciones para la enseñanza... el objetivo es estimular la fantasía científica, enseñar al lector a pensar en la esencia de la ciencia física y crear en su memoria asociaciones de conocimientos físicos relacionados con los fenómenos más diversos con los cuales está en contacto» [Perelman 1971].

A pesar de que el uso de la ciencia recreativa sigue siendo objeto de elogio, su empleo como herramienta didáctica parece no tener una correlación real en el aula en esta época. A título personal, opinamos que resulta obvio que muchos docentes debían hacer uso de ella, y así lo han confirmado compañeros con muchos años de experiencia docente, que han recurrido a la ciencia recreativa de una manera casi intuitiva, sin una verdadera investigación acerca de su potencial. No obstante, a finales de la década de 1970, diversos autores [Rhodes 1977, Ziegler 1977], continúan elogiando las maravillas de los juegos y juguetes en revistas especializadas en educación científica,

resaltando su capacidad para captar el interés de los estudiantes, especialmente de secundaria, y promover la curiosidad estimulándoles a hacerse preguntas, quedando «...impresionados con el poder de estos simples juguetes...». Además, el desarrollo de la informática abre una nueva ventana a las posibilidades del uso de aspectos lúdicos de la ciencia, agradando al alumnado los juegos (de ordenador) en los que se les brinda la oportunidad de practicar las habilidades adquiridas y aprender de otros estudiantes [Smith y Chabay 1977].

Ya en la década de 1980, las notas a los editores de las revistas científicas también recogen inquietudes referentes al uso de juegos para enseñar ciencia, ya sea como analogías motivadoras o como medios para alcanzar la atención y facilitar la comprensión de conceptos científicos, especialmente en los alumnos de menor edad [Brandli 1980, Srinivasan 1981]. Al inicio de esta década, Levinstein [1982] publica un extenso artículo, absolutamente enmarcado en el cuerpo de conocimientos de la didáctica de las ciencias, en el que describe sus experiencias al impartir un curso específico de física usando diversos juguetes como herramienta principal e hilo conductor. Resalta la capacidad de ejemplificación de un juguete «...como cualquier otra cosa de la vida real...» y comenta su preferencia por realizar dicho curso en los niveles más bajos posibles, ya que en algunos casos el alumnado continuará con la física y en otros no pero, indiscutiblemente, todo el alumnado «recibió una imagen de la física que nunca se habría formado de otro modo».

También encontramos referencias que resaltan el carácter divertido de la ciencia en la educación primaria gracias al uso de juegos y juguetes, recomendando su uso en etapas posteriores [Reeves y Penell 1987, Watson y Watson 1987, Potter 1998], y se retoman juguetes tradicionalmente utilizados en los libros de texto como el *equilibrista*, que, según Turner [1987] «ha aparecido en los textos desde hace 125

años», para realizar análisis más formales dirigidos a alumnado de niveles avanzados.

Nada más iniciarse la década de 1990, Taylor *et al.* [1990], y a la vista de la documentada crisis en la educación científica en secundaria (ya mencionada con anterioridad en este trabajo), proponen un programa modelo de formación del profesorado basado en el uso de juguetes, que tiene los siguientes objetivos:

- Promover entre los profesores una mayor comprensión de los conceptos básicos de física y química, una mayor comodidad en la enseñanza de dichos conceptos y un mayor compromiso con la enseñanza de las ciencias.
- Relacionar conceptos básicos con el manejo de juguetes.
- Desarrollar actividades de aula con juguetes que complementen los materiales curriculares existentes.
- Incrementar el uso de actividades prácticas en las clases.
- Establecer vínculos de cooperación entre los profesores participantes, y entre los asistentes y los miembros de la facultad organizadora del curso.

En estos grupos de trabajo, los autores no sólo centran el papel de los juguetes como herramienta didáctica o motivadora del alumnado, sino también para «aclarar conceptos en los propios docentes», y quizás algo nuevo, para «motivar a los docente>s, ya que dicha motivación se verá reflejada en sus clases, mejorando el proceso de enseñanza-aprendizaje. En su estudio confirman sus objetivos y concluyen con el comentario final de uno de los participantes que merece ser reproducido: «De alguna manera, todavía me sorprendo con las

reacciones de los estudiantes en las clases de ciencias. Ellos siempre las esperan con ilusión y placer, con los ojos abiertos, con mucha curiosidad y atención. Les gustaría que la clase no acabara nunca» [Taylor et al. 1990].

Fruto de estos cursos y como material complementario se publicaron una serie de libros a lo largo de la década [Sarquis *et al.* 1995, 1997, Taylor *et al.* 1995, Sarquis 1996, Taylor 1998], en los que se presentan numerosas actividades basadas en juguetes y agrupadas en distintos temas (física, química, energía, materia, sólidos, líquidos y gases), con un meticuloso enfoque constructivista y una absoluta consistencia con las recomendaciones de los *Benchmarks for Science Literacy* [AAAS 1993] y los *National Science Education Standards* [1996].

Paralelamente, son numerosos los artículos que se publican usando los juguetes como objeto de análisis de carácter altamente formal [Simon *et al.* 1997, Adcock 1998, Finney 2000], que a pesar de su interés, se escapan ligeramente del ámbito de este trabajo. Y, cómo no, continúan publicaciones que abordan el uso de esta herramienta en niveles de educación inferiores, tanto de carácter periódico [García-Molina 1998, Russell *et al.* 1999], como en formato de libro [VanCleave 1993, Mandell 1996]. Esta

“productividad” se puede ver reflejada en la figura 1, donde se muestra el número de artículos referidos a juguetes publicados por la revista *The Physics Teacher* entre los años 1963 y 1999 [McCullough y McCullough 2001].

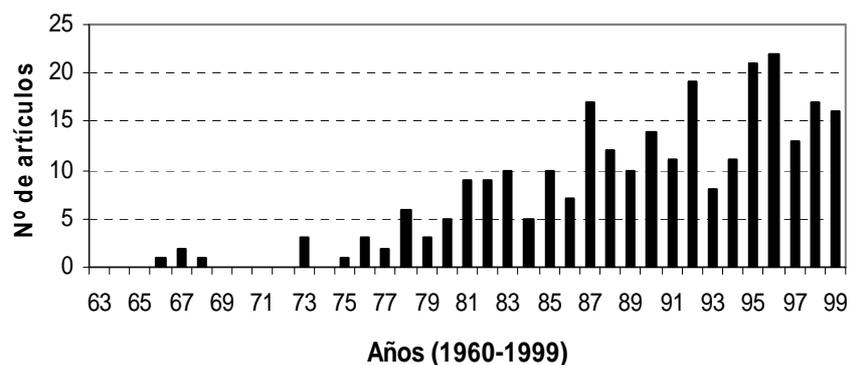


Figura 1. Relación de artículos publicados en la revista *The Physics Teacher* en las últimas décadas del s. XX.

Como se puede observar, el interés creciente en el uso de los juguetes para la enseñanza de las ciencias es patente, y los autores del libro justifican la utilidad de los juguetes como material habitual de laboratorio proponiendo las siguientes ventajas frente a otros materiales más habituales [McCullough y McCullough 2001]:

- Los juguetes suelen ser más baratos y estar disponibles más fácilmente.
- La ilusión de los estudiantes al ver un juguete que reconocen es notable.
- Quizás de mayor importancia resulta el hecho de que los estudiantes *no tradicionales* se ilusionan con actividades en las que se usen juguetes en contraposición a su miedo al enfrentarse con dispositivos de alta tecnología con lecturas digitales. Cuando comenzaron el uso de juguetes en las clases, la implicación de *las alumnas*, creció desde un 10-25% hasta un 40-45%, incluso tratando los mismos temas.

- Los estudiantes pueden relacionar los juguetes con su vida cotidiana y, así, facilitarse la conexión entre su aprendizaje de la física y las aplicaciones habituales en el día a día.
- Los estudiantes aceptan que lo que aprenden en las clases de física es parte de sus vidas y no algo apartado de su realidad.

En la actualidad, el uso de la ciencia recreativa como herramienta didáctica sigue siendo un campo activo, como lo demuestra la sección *Enseñando con puzzles, juegos y objetos cotidianos* incluida en los meses de abril desde 2002 en el *Journal of Chemical Education* (y el número especial de octubre de 2005, “The Joy of Toys”, de dicha revista dedicada a la Semana Nacional de la Química), los recientes artículos recopilatorios de juguetes y física [Featonby 2005, Güémez *et al.* 2010, Häusermann 2011], o la sección de Ciencia recreativa que se publica desde abril de 2007 en la Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (con un número monográfico dedicado a la Ciencia recreativa en noviembre de 2011).

En España, el interés por la ciencia recreativa también va en aumento y frente a una escasez de artículos en revistas especializadas en años anteriores, encontramos un buen número de ellos en los últimos años [García-Molina 2003b, LópezGarcía 2004, Ferrer y Cros 2004, Martínez-Moreno *et al.* 2004, Varela y Martínez 2004, García-Molina 2003c, 2005b, 2006, 2011, Lozano *et al.* 2007]. Y, cómo no, en la cada vez más amplia red de información global, hay infinidad de páginas web en las que se encuentran innumerables referencias y descripciones científicas de juegos, juguetes y experiencias vistosas, junto con potentes aplicaciones informáticas, que si bien ocasionalmente podrían incluirse en lo que hemos definido como ciencia recreativa, es evidente que quedan fuera del alcance de este

trabajo, pudiendo constituir en sí mismas todo un nuevo universo didáctico por explorar.

Incluso más allá del ámbito puramente científico o docente, los medios de comunicación se han hecho eco de este interés y se han publicado numerosos comentarios periodísticos al respecto [Diario de Navarra 2001, El País 2002, 2005 El Periódico Mediterráneo 2002, La Verdad 2002, El Mundo 2002, El Heraldo de Aragón 2004, 2005, Las Provincias 2004].

Como curiosidad, o como prueba de que disfrutar con un juguete o analizar su funcionamiento es parte de la vida cotidiana o del trabajo de un científico, ha quedado para la posteridad la imagen recogida en la figura 2, donde aparecen Wolfgang Pauli y Niels Bohr estudiando (o *jugando*) con una peonza peculiar conocida cómo Tippe Top, que se da la vuelta cambiando el punto de apoyo durante su movimiento de rotación.

En resumen, parece que la ciencia recreativa puede constituir una poderosa herramienta para estimular la motivación del alumnado y mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje dentro de unos criterios acordes a los principios de la didáctica de las ciencias pero, como formulamos en la hipótesis, es posible que no se le esté prestando la atención que merece, siendo el primer objetivo de este trabajo la elucidación de esta cuestión.



Figura 2. Niels Bohr y Wolfgang Pauli jugando con un Tippe Top (peonza reversible).

2.3. FORMULACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS

A tenor de lo expuesto hasta el momento, la verificación de la primera hipótesis abriría una nueva vía de actuación encaminada a confirmar la cuestión subyacente en el planteamiento del problema e intrínsecamente vinculada a dicha hipótesis. Si realmente no se presta atención a los recursos metodológicos que incorporen elementos de ciencia recreativa, ¿qué puede suponer el hecho de incorporarlos habitualmente en la práctica docente?

Con todo lo expresado hasta el momento, no parece descabellado pensar que el interés del alumnado puede mejorar con la incorporación de elementos lúdicos en las clases de ciencias. Incluso es más que

posible, como ya se ha apuntado, que infinidad de docentes recurran a estos elementos, convencidos de su utilidad y beneficio. Así pues, el segundo objetivo de este trabajo se centrará en verificar esa sensación de que al captar la atención del alumno se aumenta su interés, su motivación y se mejora el aprendizaje. No obstante, estas afirmaciones resultan demasiado *generalistas* y por tanto, inabordables en un trabajo de investigación. La acotación del problema planteado hace que este estudio se restrinja a unos cuantos detalles implícitos en las propuestas.

Ya se ha hecho referencia a estudios que contemplan y recomiendan el uso de juguetes y demás elementos de ciencia recreativa para motivar al alumnado y, por otra parte, también se ha comentado el *fallo* del sistema educativo a la hora de promover la adquisición de competencias científicas de tipo argumentativo. Así pues, este estudio se va a centrar en estos dos aspectos concretos intentando verificar la **segunda hipótesis** que formularemos como sigue:

El uso de elementos de ciencia recreativa en la práctica docente, tales como juegos, juguetes y experiencias demostrativas de marcado carácter lúdico, mejora los aspectos motivacionales en las clases de ciencias, y facilita la adquisición de competencias científicas argumentativas

2.4. FUNDAMENTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS

En el apartado anterior ya se ha realizado una extensa disertación y se ha recogido el marco teórico relativo a las metodologías didácticas relacionadas con la motivación, así como su relación con los elementos de ciencia recreativa, por lo que no ahondaremos más en

esta cuestión, cubriéndose por tanto la fundamentación de la primera parte de la hipótesis con lo expuesto hasta el momento.

Respecto a la segunda parte, la potencial ventaja del uso de estos elementos a la hora de adquirir competencias, conviene desarrollar su fundamentación teórica partiendo del concepto global de competencia y focalizando su uso en la argumentación.

2.4.1. La competencia científica. Marco legal.

Como ya se ha comentado, las competencias son una de las últimas novedades terminológicas incluidas en el sistema educativo. Trasladas desde su origen en el mundo laboral, aparecen explícitamente en el currículo de la ESO e implícitamente en el de Bachillerato. Así la LOE definió las competencias como: « (...) aprendizajes que se consideran imprescindibles (...) Su logro deberá capacitar al alumnado para su realización personal, el ejercicio de la ciudadanía activa, la incorporación a la vida adulta de manera satisfactoria y *el desarrollo de un aprendizaje permanente a lo largo de la vida.*» [LOE, 2006].

A pesar de su inclusión en textos legales, el concepto de competencia todavía dista bastante de ser una realidad asumida en las aulas. Además de su comprensión profunda, requiere de cambios paradigmáticos en la labor docente que, frecuentemente, se producen de manera muy lenta y costosa. También hay que considerar que los alumnos centran su trabajo en lo que se evalúa, y el concepto de competencia no es fácil de acomodar en los sistemas evaluativos habituales, alejados de las innovaciones en didáctica y que constituyen, tal vez, el aspecto más anclado en viejas concepciones, demostradamente erróneas, de todos los que componen el proceso enseñanza-aprendizaje [Furió et al. 2006, Duit 2004]. Sin embargo,

paralelamente, se ha producido la irrupción de organizaciones de ámbito internacional que evalúan los sistemas educativos con la autoridad que otorga la solvencia académica y prestigio de sus miembros y que condiciona, en gran medida, decisiones políticas y opiniones sociales al respecto, y cuyo ejemplo mas representativo se encuentra en PISA. Así, las pruebas evaluativas de PISA chocan frontalmente con los métodos de evaluación tradicionales e inmovilistas del sistema educativo español, poniendo en un brete las supuestas medidas de mejora de la calidad en educación al ver los resultados que año tras año obtienen nuestros estudiantes en dichas pruebas.

Como ya constataba el informe Rocard [2007] en sus conclusiones, «urge la introducción de cambios sustanciales en la enseñanza de las ciencias», apuntando razones por las cuales los jóvenes no desarrollan un interés por la ciencia que, en términos generales, coinciden con encuestas como la realizada por la FECYT [2008] y que apuntan a la brecha existente entre la enseñanza formal de las ciencias y la realidad social de la ciencia y la tecnología.

Así pues y, volviendo al término competencia, conviene recopilar las asunciones que sobre este particular ofrecen las distintas organizaciones y nuestro propio sistema educativo.

La OCDE [2002] a través del proyecto DeSeCo (Definición y Selección de Competencias), define *competencia* como: «La capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada. Supone una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamiento, que se movilizan conjuntamente para conseguir una acción eficaz». Asimismo, la definición de competencia dada por Eurydice (Red

Europea de Información en Educación) [2002], es la: «capacidad de actuar eficazmente en situaciones diversas, complejas e imprevisibles».

A partir de aquí, se detallan las diferentes competencias que se contemplan en los textos legislativos: concretamente, la UE propone siete competencias básicas, cuya transposición a la LOE se muestra en la tabla 1, donde se ha destacado las competencias relacionadas con la formación científica:

Tabla 1. Competencias según la UE y la LOE

UE	LOE
Comunicación en lengua materna. Comunicación en una lengua extranjera	Competencia en comunicación lingüística
Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología	Competencia matemática
	Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico
Competencia digital	Tratamiento de la información y competencia digital
Aprender a aprender	Competencia para aprender a aprender
Competencias sociales y cívicas	Competencia social y ciudadana
Sentido de la iniciativa y espíritu de empresa	Autonomía e iniciativa personal
Conciencia y expresión culturales	Competencia cultural y artística

La denominada *competencia científica* (en la que, evidentemente, se centra este trabajo) o más estrictamente, *el conocimiento y la interacción con el mundo físico* viene desglosada en el actual marco legal [LOE 2006: Anexos I y II] como sigue [Solbes et al, 2010]:

«La habilidad para interactuar con el mundo físico, tanto en los aspectos naturales como en los generados por la acción humana, de tal modo que se posibilite la comprensión de sucesos, la predicción de consecuencias y la actividad dirigida a la mejora y reservación de las condiciones de vida propia, de las demás personas y del resto de los seres vivos [...]

[...] identificar preguntas y problemas y obtener conclusiones basadas en pruebas, con la finalidad de comprender y tomar decisiones sobre el mundo físico y sobre los cambios que la actividad humana produce sobre el medio ambiente, la salud y la calidad de vida en las personas [...] comunicar a otros argumentos y explicaciones en el ámbito de la ciencia [...] adoptar actitudes críticas fundamentadas en el conocimiento, para analizar individualmente o en grupo, cuestiones científicas o tecnológicas» [para la ESO] «comprender la importancia de la física y la química para participar en la toma de decisiones fundamentada en torno a problemas locales y globales [...] extraer y utilizar información de diferentes fuentes, evaluar su contenido y tomar decisiones» [en Bachillerato].

Análogamente, según PISA, la competencia científica implica: «la capacidad de aplicar el conocimiento científico en situaciones de la vida real, lo que requiere conocer ciencia, los conceptos y las teorías fundamentales, y conocer, respecto de la ciencia, sus metodologías, su poder y sus limitaciones, su interrelación con la sociedad... Además, también requiere la disposición a ejercitar estas competencias, lo cual

depende de las actitudes de los individuos hacia la ciencia y su disposición a implicarse en cuestiones relacionadas con las ciencias»

Esto se puede entender desde tres puntos básicos:

- La utilización del conocimiento científico y la aplicación de los procesos científicos en los contextos cotidianos.
- La toma de conciencia del papel que juegan la ciencia y la tecnología en la sociedad, en el origen y la solución de problemas.
- El interés, la reflexión y el compromiso con las cuestiones científicas y tecnológicas desde un punto de vista personal y social.

Esto, a su vez, se puede vertebrar en cuatro dimensiones básicas [Caamaño 2008]:

- **Contextual:** Situaciones de la vida que requieren la *aplicación* de los conocimientos científicos y tecnológicos, ya sea en situaciones personales, sociales o globales.

- **Cognitiva:** Conocimiento conceptual, entendido como la asunción de contenidos conceptuales, tanto del propio mundo, como del mundo de la ciencia

- **Actitudinal:** donde se debe reflejar el interés hacia la ciencia como tal, hacia la investigación científica como fuente de conocimiento, y el respeto y la responsabilidad en la toma de decisiones referentes a cuestiones de salud, de los recursos y del *desarrollo sostenible*

Estas tres dimensiones, convergen en una cuarta:

- **Procedimental:** entendida como la conjunción de las destrezas científicas, y que hace referencia a tres aspectos clave en el trabajo científico.

1. La identificación de cuestiones científicas. Implica el reconocimiento de problemas que pueden ser investigados científicamente y que conlleva la identificación de términos claves que nos den acceso a la información científica, las estrategias de búsqueda de dicha información, su selección y comprensión, la identificación y determinación de las variables que intervienen, así como su control, metodología apropiada para la toma de datos inmersa en diseños apropiados de experiencias y la realización y evaluación de las mismas.

2. La explicación científica de fenómenos. Consistente en la aplicación del conocimiento científico a una situación determinada, y que lleva asociada la descripción detallada de dichos fenómenos, elaboración de modelos y, en su caso, la predicción de los posibles cambios basándose en el conocimiento científico.

3. La interpretación y el uso de pruebas científicas. Esta parte requiere de la capacidad de acceder a la información científica realmente relevante, discriminando datos y recopilando aquellos que sean concluyentes, relacionando la explicación del fenómeno con las pruebas disponibles y comunicando las conclusiones extraídas mediante palabras o los medios adecuados, gráficos, tablas, etc. Esta capacidad de relación es la base de la *argumentación* aunque, como veremos más adelante, la argumentación incluye otros aspectos como la persuasión, la articulación de argumentos convincentes o la refutación de argumentos opuestos [Jiménez-Aleixandre, 2010].

2.4.2. El discurso de aula en las clases de ciencias

Kelly [2007] propone que los principales procesos que se llevan a cabo en las clases de ciencias están fundamentados en el lenguaje y las relaciones sociales. En primer lugar, la enseñanza-aprendizaje se lleva a cabo en procesos de discurso-interacción. Además, el acceso a la ciencia por parte de los estudiantes tiene lugar a través de ambientes sociales y simbólicos que incluyen el conocimiento y las costumbres de comunidades específicas. Por último, el conocimiento disciplinar es «construido, enmarcado, representado, comunicado y evaluado a través del lenguaje» [Kelly 2007].

Es evidente que en las clases de ciencias, y en cualquier contexto educativo en general, el lenguaje oral es esencial. La mayoría de los procesos que se llevan a cabo en un aula son procesos lingüísticos y, por ello, no es de extrañar que dos de las tres materias denominadas *instrumentales* (en comunidades con lengua autonómica propia) correspondan a especialidades lingüísticas. Igualmente, hemos visto que la primera competencia mencionada en el marco legal es la comunicación lingüística. Pero es notable un hecho crítico: en el aula, a diferencia de lo que ocurre en otros ambientes, el control de lo que se habla está *oficialmente* en manos del profesor [Jiménez-Aleixandre y Díaz 2003]. Este hecho no se ha pasado por alto en la investigación didáctica, y, así Cazden [1991] ya atiende a la problemática de la comunicación escolar, identificando por lo menos tres lenguajes en el aula: «el lenguaje del currículo» que representa el que se utiliza para realizar la enseñanza y mostrar lo aprendido, el «lenguaje de control», mantenido por el docente y al que no tiene acceso el alumno, y el «lenguaje de identidad personal», que establece las diferencias entre cómo y cuándo se dice algo.

El hecho de presuponer que la labor docente se lleva a cabo principalmente a través de la *oratoria* del profesor, diciendo a los estudiantes lo que se supone que deben saber, en definitiva, el *dar clases narrando* no es exclusivo de ninguna materia, y parece generalizado en todos los campos del conocimiento [Finkel 2008] .

En nuestro caso, nos interesa fundamentalmente la implicación y relevancia que este hecho tiene en las clases de ciencia. Así, Lemke [1997] ya apunta que a los estudiantes se les ofrecen pocas posibilidades de *hablar ciencia (talk science)*, término que cada vez cobra más auge en las investigaciones en didáctica, incluso para analizar el propio discurso del docente [Moje, 1995]. Lemke, propone también que los estudiantes pueden haber perdido interés en la ciencia por la estructura de las clases, excesivamente estricta e invariable. Es igualmente interesante hacer notar las observaciones de los diversos estudios de Carlsen [1997] en los que pone de manifiesto que los profesores tienden a realizar más preguntas a sus alumnos cuando imparten materias en las que se sienten menos seguros. Pero estas preguntas no son en absoluto oportunidades de participación para los alumnos, ya que tienden a ser de un bajo nivel cognitivo y altamente orientadas a una respuesta cerrada, poniendo a los estudiantes *a la defensiva* frente a dichas preguntas.

Parece aceptado que un aula en la que el discurso de los estudiantes se vea favorecido se convierte en una comunidad de aprendizaje sumamente interesante, donde las ideas fluyen en un sentido más de *dentro-afuera* que de *fuera-adentro* lo que permite al docente *navegar* con mayor confianza y garantía por otros de los grandes aspectos repetidamente tratados en la didáctica, como son las ideas previas y el cambio conceptual.

En este sentido, cabe realizar una distinción particular entre las prácticas metodológicas que favorecen el discurso de aula y que permiten a los estudiantes *hablar ciencia*, que es el discurso en pequeños grupos. Si bien la participación de los estudiantes en el aula puede ser potenciada de manera global, es en los discursos realizados en pequeños grupos donde se pueden producir situaciones de aprendizaje más favorables. Este punto se ha investigado en otros propósitos, como en la realización de pequeños trabajos de investigación, etc. [Solbes y Tarín 2007, 2008], pero en el caso del ámbito lingüístico, es especialmente importante debido al hecho de que en los pequeños grupos se pueden salvar ciertas diferencias *sociales* y grupales que en una actividad generalizada pueden condicionar la participación de determinados alumnos.

El discurso de aula y la comunicación en las clases de ciencias también pueden ser investigadas desde el punto de vista del lenguaje escrito. Tanto la lectura como la escritura de textos *científicos* son áreas emergentes en la investigación que, basándose en lo ya expuesto, van un paso más allá en la construcción del conocimiento. En muchas ocasiones, uno de los principales problemas en el aprendizaje de las ciencias constatado en los diferentes métodos evaluativos es la falta de comprensión en textos escritos. Escapa a las intenciones de este estudio ahondar en este tema, pero, para terminar, vale la pena aprovechar la oportunidad e incluir el comentario presentado en un artículo periodístico [Sánchez 2007] al respecto de la educación en Finlandia (actualmente uno de los países con mejores resultados en las pruebas PISA). La profesora de Espoo (ciudad a las afueras de Helsinki) Tuija Yrjö-Koskinen contesta a la pregunta del periodista, ¿dónde se aprietan más las tuercas?, con la siguiente respuesta: «Somos los primeros del mundo en ciencias y los segundos en matemáticas, pero el mayor reto de enseñar matemáticas es

conseguir que los alumnos comprendan lo que leen, el enunciado de los problemas. Por eso lo fundamental es que lean»

2.4.3. La argumentación y el uso de pruebas

La argumentación consiste básicamente en la evaluación de los enunciados en base a las pruebas y evidencias, justificando con ellas los razonamientos o, dicho de otra manera, la capacidad de relacionar datos y conclusiones [Jiménez Aleixandre y Díaz de Bustamante 2003]. La evaluación del conocimiento en base a pruebas es un rasgo característico del trabajo científico y resulta crucial hacer explícito este hecho en el aula. Pero además, la argumentación contiene más elementos típicos del trabajo científico y, también, aglutina muchas de las competencias básicas descritas anteriormente. Conviene en este punto reproducir en la figura 3 el gráfico proporcionado por Jiménez Aleixandre y Gallástegui [2011], en el que se observa el papel de la argumentación y su relación con los procesos de producción del conocimiento.

Como se ve en la figura 3, la argumentación es una práctica que incluye muchos aspectos. Desde un punto de vista constructivista, un alumno que argumenta está participando en la construcción del conocimiento, ya que usa, evalúa y revisa modelos, valora enunciados y teorías a la luz de las pruebas y participa en la comunicación cuando construye sus propios significados, ya que argumentar no sólo consiste en usar las evidencias, sino también en convencer a una audiencia.

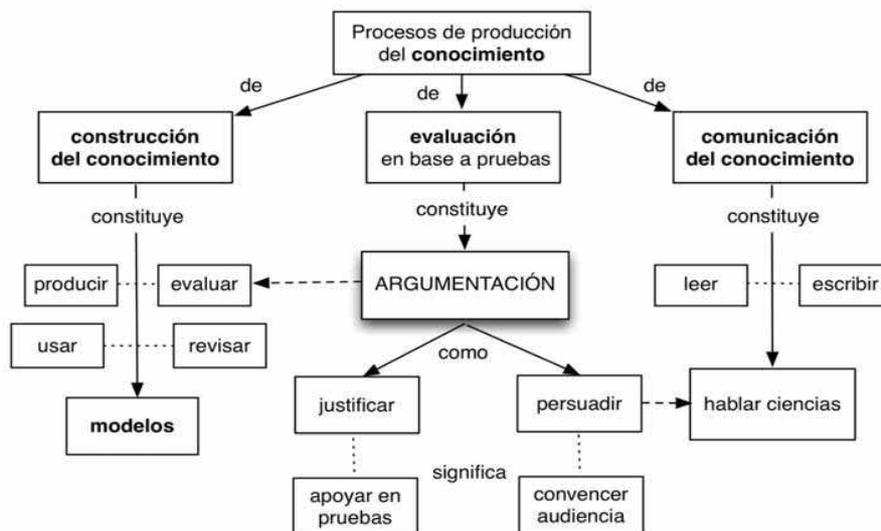


Figura 3. Procesos de producción del conocimiento y sus relaciones [Jiménez Aleixandre y Gallástegui 2011].

Pero, además, como ya se ha mencionado, la argumentación forma parte esencial de las competencias científicas y, por ello, está suscitando últimamente un marcado interés en la investigación en didáctica y su inclusión en currículos de distintos países [Erduran y JiménezAleixandre 2007) y en los marcos teóricos de PISA. La argumentación es completamente consistente con la cuarta dimensión básica de la competencia científica, la dimensión procedimental sobre la que, como se ha visto, convergen las otras tres. Esta dimensión *clave* de la competencia científica contiene los tres aspectos principales del trabajo científico, incluidos en el proceso argumentativo y que queda perfectamente reflejado de manera gráfica en el trabajo de Jiménez Aleixandre et al. [2009] frecuentemente

utilizado en cualquier texto que aborda la temática [Caamaño 2011, Jiménez Aleixandre 2010] y que se reproduce en la figura 4.

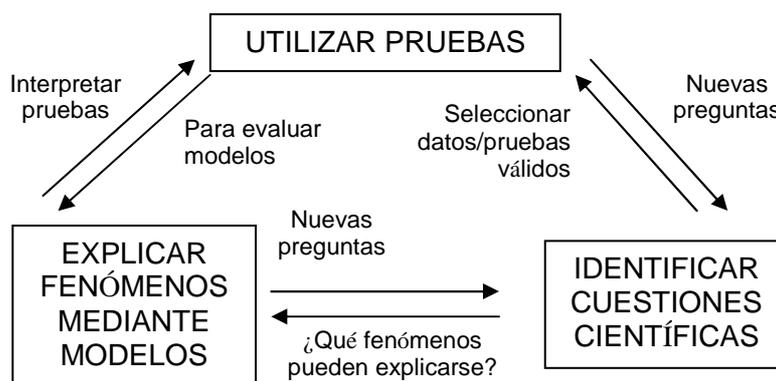


Figura 4: Relaciones entre las competencias científicas [Jiménez Aleixandre et al. 2009]

Vemos, pues, que muchas dimensiones del trabajo científico quedan incluidas en las prácticas argumentativas. Igualmente, se puede contemplar estas prácticas como un *espacio* de aprendizaje de otras competencias, como pueden ser la de aprender a aprender o, de manera más evidente, la competencia en comunicación lingüística así como otras contribuciones potenciales a diferentes dimensiones transversales, como pueden ser el apoyo a los procesos cognitivos y metacognitivos, el pensamiento crítico, o, en definitiva, la tan perseguida alfabetización científica [Erduran y Jiménez Aleixandre 2007].

Pero, para caracterizar de una manera definitiva la práctica de la argumentación se requiere de algún detalle más. Por una parte, podemos enfocar la cuestión desde un punto de vista, en apariencia, diametralmente opuesto a lo tratado hasta el momento. Argumentar es

una *práctica humana* habitual en cualquier entorno social. Puede producirse tanto de manera oral como escrita, de manera individual o como una actividad social en un grupo o comunidad de individuos. Este modo de entender la argumentación, más cercano a una aproximación filosófica, no deja de ser el punto de partida para su comprensión última, ya que uno de los aspectos más valorados en los trabajos de investigación relacionados con la argumentación es su componente socio-científica y, máxime, teniendo en cuenta que los principios de la argumentación, su estructura y su análisis están relacionados con aspectos más propios de otros campos del conocimiento, como la psicología o la filosofía. Así, a la hora de estructurar y caracterizar un argumento o de evaluar la *calidad argumentativa* de un discurso de aula de ciencias, algunos autores [Erduran et al. 2004] recomiendan la aplicación de las premisas establecidas por Toulmin [1958] pensadas, en principio, para ser utilizadas en ámbitos más próximos a las disciplinas mencionadas (no en vano, Toulmin dedicó los inicios de su carrera al análisis del razonamiento moral) y, a pesar de que el propio Toulmin no consideraba la argumentación como un modo de interacción humana, al dejar de lado aspectos, ya comentados, como la *persuasión*.

En general, la mayoría de los investigadores que aceptan el método de Toulmin de análisis de los argumentos, aunque adaptando la nomenclatura de los componentes a un uso más propio de la práctica científica, coinciden en que los elementos básicos de los argumentos son tres: *conclusión*, *pruebas* y *justificación*. La argumentación también puede incluir: conocimientos básicos, calificadores modales y refutaciones. Con más detalle, cada uno de estos elementos se caracteriza como sigue:

- *Pruebas*. También llamados datos, o hechos. Sirven como punto de partida para las justificaciones. Toulmin se refiere a *datos* y,

aunque a veces se utilizan como sinónimos, pueden presentar diferencias sustanciales, ya que los datos pueden incluir únicamente informaciones, tales como la longitud medida de un objeto o la composición de una muestra de sangre. Una *prueba* es más un tipo de dato que muestra si una afirmación es cierta o no. El color frente a un reactivo (por ejemplo en un análisis de dopaje deportivo) puede confirmar la presencia de una determinada sustancia, mientras que el mismo color en otro tipo de análisis puede no tener ningún significado. En definitiva, es la función del dato en una situación determinada lo que lo puede convertir en una prueba.

- *Justificaciones.* Son las reglas o principios que relacionan la conclusión o explicación con las pruebas. Según Toulmin, son necesarios para mostrar que es correcto llegar a la conclusión con los datos que tenemos.
- *Conclusiones.* Son las afirmaciones que se pretenden verificar o refutar a través de las pruebas y las justificaciones. Podemos relacionarlas con las *hipótesis* que en definitiva no dejan de ser afirmaciones, enunciados o aseveraciones que aún están en proceso de verificación.

Como se ha comentado, otros elementos, no esenciales pero considerables a la hora de evaluar una actividad que implique la argumentación, son:

- *Fundamentación.* Conocimiento básico teórico que sirve como apoyo a la justificación u otras razones.
- *Validez.* Son condiciones de aplicación, restricciones o acotaciones a las que se somete la argumentación o alguno de sus elementos.

- *Refutaciones*. Son objeciones o razones que ponen en tela de juicio la validez de las conclusiones o de algún otro elemento del proceso argumentativo.
- *Razones*. O argumentos, que pueden ser de diferente tipo: ventajas, inconvenientes, ejemplos, etc., y que suelen complementar a las pruebas para la elaboración de la conclusión.

Pero, a pesar de que la argumentación y el uso de pruebas es frecuentemente percibido como clave a la hora de aceptar teorías científicas, diversos estudios de aula muestran que, actualmente, los estudiantes tienen pocas oportunidades de comprobar con evidencias los modelos y las cuestiones socio-científicas más relevantes [Driver et al. 2000]. Además, el alumnado sólo va a argumentar si su papel en clase así lo requiere y, como se ha visto, en escasas ocasiones estas prácticas se realizan en contextos habituales de enseñanza-aprendizaje.

Así pues, y tal y como coinciden muchos de los autores citados hasta el momento, parece muy interesante la investigación y el desarrollo de actividades de aula que impliquen la práctica de la argumentación, ya que una de las características de la argumentación y, en general, de casi todas las competencias, es que requiere ser practicada. Las actividades y los climas de aula en que se favorezca la participación *argumentativa* del alumnado redundarán, sin lugar a dudas, en una adquisición de competencias adecuada a las nuevas propuestas, contrastadamente efectivas, en el aprendizaje de las ciencias. No obstante, se debe tener en cuenta muchos factores en el diseño de este tipo de actividades, en muchas ocasiones comunes a cualquier otra actividad de aula basada en principios constructivistas [Jiménez Aleixandre et al. 2009]. Hay ciertos detalles que no deben pasar desapercibidos y entre los que se feben destacar los siguientes:

- La contextualización: La actividad debe resultar relevante o interesante para el alumnado.
- La indagación. Parece consensuada la relación entre argumentación e indagación (*inquiry*), es decir, actividades que impliquen una actividad similar a la investigación científica (que en contextos educativos responde más al término de indagación).
- El papel activo del alumno. El papel en clase debe incluir la participación del alumno, y la argumentación así lo requiere porque está basada en una intervención activa, elaborando conclusiones, justificando, persuadiendo de su postura...
- El papel del profesorado. Obviamente, el profesorado debe apoyar, dirigir y orientar las actividades respetando el papel activo y principal del alumnado.

Como se ha comentado desde el principio, este trabajo propone la realización de actividades que, aparentemente, reúnen las condiciones idóneas para la práctica de la argumentación, lo que llevaría a una validación de la hipótesis planteada.

3. OPERATIVIZACIÓN Y DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA PRIMERA HIPÓTESIS

Hasta ahora se ha hecho un pequeño repaso a la evolución de las tendencias en las líneas de investigación del cuerpo de conocimientos de la didáctica de las ciencias experimentales, centrándonos en los aspectos motivacionales del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Igualmente, se ha fundamentado un problema en este sentido, causado por una miríada de factores. Se ha intentado acotar el desarrollo de este trabajo, centrándonos en un aspecto concreto del problema relacionado con la visión que los estudiantes tienen de la enseñanza de las ciencias y, por ende, de éstas como algo aburrido y que mejoraría si fueran más entretenidas.

Se ha postulado que existe una ausencia del uso de juegos, juguetes y pequeñas experiencias lúdicas en las actuales metodologías de enseñanza de las ciencias, pudiendo resultar esta carencia como uno de los factores causales de la desmotivación, inherente a la visión *negativa* de las ciencias y su enseñanza.

Todo ello se ha intentado plasmar en la hipótesis ya formulada:

El uso de juegos, juguetes y pequeñas experiencias recreativas no se tiene en cuenta suficientemente en la actual enseñanza de las

ciencias, lo cual puede generar una imagen de la ciencia como algo aburrido y contribuir a la falta de motivación del alumnado.

Una primera aproximación a la resolución del problema planteado puede resultar de la división de la primera hipótesis en dos partes fundamentales. La primera parte de la hipótesis haría referencia a que los juegos, juguetes y pequeñas experiencias recreativas «no se tienen en cuenta» en la enseñanza de las ciencias. La segunda parte haría referencia a la «imagen aburrida de la ciencia y su contribución en la desmotivación del alumnado». Para ello se analizará la presencia o ausencia de estos recursos en el proceso de enseñanza-aprendizaje así como, en su caso, al carácter o valor educativo de los mismos y su influencia en dicho proceso. Cualquier análisis permitirá, en cierta manera, ser asociado a una de estas dos facetas de que se compone la propuesta inicial e, incluso, en determinadas circunstancias, a ambas a la vez.

El análisis que dé validez o refute la hipótesis se realizará desde distintas vías aproximativas, habituales en este tipo de trabajo, entendidas como subhipótesis asociadas a la hipótesis principal. Así, se postula que:

A (1ª subhipótesis): Los libros de texto pertenecientes a los niveles educativos de tercero y cuarto de ESO de las áreas de Ciencias de la Naturaleza, concretamente Física y Química, y de Tecnología prestan una escasa atención a la ciencia recreativa como recurso metodológico motivador para el aprendizaje de las ciencias y la tecnología.

B (2ª subhipótesis): Los profesores en formación reconocerán el escaso uso de elementos de ciencia recreativa durante su etapa de formación académica, pese

a encontrar en ellos un interesante recurso metodológico para su futura práctica docente.

C (3^a subhipótesis): Los alumnos pertenecientes a los niveles educativos correspondientes a los libros de texto mencionados, mostrarán una considerable desmotivación hacia el estudio de las ciencias, fruto, entre otras cosas, de una enseñanza excesivamente centrada en aspectos teóricos, carente de interés y, por tanto, desmotivadora y *aburrida* para el alumnado.

Quizás en este último punto merezca la pena hacer una pausa en el desarrollo seguido, con objeto de establecer ciertas concreciones necesarias. Como ya se ha comentado, dispondremos de varios instrumentos diseñados para validar o refutar la hipótesis, análisis de libros de texto y cuestionarios. Para que dichos instrumentos posean cierta validez y consistencia con lo que se pretende analizar, uno de los principales problemas a los que nos hemos enfrentado ha sido el de las definiciones. Si bien un *juguete* es, relativamente, sencillo de definir, mucho más compleja se hace la definición de *juego*, y más aún la de *pequeña experiencia recreativa*. De hecho, uno de los puntos que ha obligado al rediseño de algún instrumento de análisis fue la cuestión de si se debían considerar las actividades deportivas como juegos. El fútbol, el baloncesto o el ciclismo son ciertamente juegos, pero no corresponden exactamente a la definición de estos que se presenta habitualmente en la bibliografía referente a la ciencia recreativa; comentarios similares se pueden aplicar a otro tipo de *pasatiempos* habituales en otros contextos y muy esporádicamente encontrados en los textos de ciencias, como pueden ser los crucigramas o las sopas de letras. Así, en las encuestas que se prepararon se recurrió a un nuevo ítem a tener en cuenta como un grupo distinto, donde se incluyeron todos los deportes. Tal vez los

deportes podrían caer fuera de este trabajo, formando una línea paralela de investigación; basta mencionar la exposición itinerante del ASTC (Association Science-Technology Centres) que recorrió los EEUU desde octubre de 2004 hasta agosto de 2007 con el título *Team Up! Explore Science & Sports*, o el capítulo entero de introducción a la mecánica a través del deporte en *The Salter's Physics*. Pero dado su carácter lúdico los consideraremos otorgándoles una identidad propia dentro del conjunto de lo que podemos denominar recursos de *ciencia recreativa*.

Igualmente, y como también se ha comentado con anterioridad, ciertos *cachivaches* o *artilugios* podrían considerarse como juguetes sin corresponder realmente al concepto habitual que de un juguete se tiene hoy en día. Ya se ha comentado en este trabajo que Galileo vendía sus telescopios como *juguetes* para los niños, pero a nadie se le ocurriría pensar que el Hubble sea *exactamente* un juguete. El *ludión* o diablillo de Descartes es un buen ejemplo de un *artilugio* que podría considerarse como juguete pero que no responde a la definición convencional de juguete. Así, en la encuesta se ha generado igualmente un nuevo grupo bajo la denominación de *productos tecnocientíficos*, donde se recogerán este tipo tan particular de *juguetes*.

Las *pequeñas experiencias recreativas* entrañan una mayor dificultad para reconocerlas, ya que parece muy subjetivo el grado de *recreativa* que puede tener una experiencia e, incluso, el término *pequeña* podría ser sujeto de controversia. Así, se ha intentado considerar como tales sólo aquellas que aparecen habitualmente en la bibliografía *explícita* de ciencia recreativa, y aquellas en las que es obvio el grado de entretenimiento implícito. Para no intentar caer en subjetividad, se ha procurado calificar como experiencias de este tipo todas aquellas que presentaran cierta duda al respecto de su carácter recreativo, para garantizar la validez de las subhipótesis incluso en las condiciones de

asignación más desfavorables. Aunque es imposible garantizar una total objetividad en este punto, se puede garantizar la asignación por exceso más que por defecto.

Una vez aclarados estas cuestiones descriptivas, se puede retomar el análisis detallado de los aspectos que componen cada una de las tres subhipótesis planteadas, tal como se discute a continuación.

3.1. REFERENCIAS EN LIBROS DE TEXTO

Ya se ha comentado que una de las formas habitualmente empleada para la contrastar la validez de la hipótesis es el análisis de libros de texto, y este trabajo no es una excepción. Los libros de texto son los materiales más frecuentemente utilizados en el proceso de enseñanza-aprendizaje, tanto por los estudiantes como por los docentes, y por ello requieren siempre especial atención.

La presencia o ausencia de estos elementos es fácil de constatar y su evolución temporal muestra un creciente aumento [Palomera Meroño 2011], sin embargo, la valoración del carácter educativo de estos elementos resulta difícilmente analizable bajo parámetros rigurosamente objetivos. En otros estudios en el campo de la didáctica de las ciencias [Vilches 1993] se han considerado diferentes factores que permiten aproximarse al *valor* o la *importancia* que los autores desean dar a determinados aspectos en los libros de texto. Así, la posición que puede ocupar una reseña en un libro nos da cierta idea de este valor; evidentemente, no es lo mismo si una referencia aparece en un apartado distinto que si lo hace integrada en el desarrollo de un tema; tampoco podemos decir que un comentario corto marginal tenga el mismo valor educativo que una actividad planteada con el objeto de ocupar mucho tiempo de clase, o que requiera una transposición al trabajo extraescolar, que frecuentemente necesita una mayor

implicación del alumnado. Igualmente, el objetivo final de un elemento presente en un libro de texto puede ser graduado en cierta manera, ya que, si bien, una vez más la cuantificación del *valor* es harto complicada, sí se puede tener una idea cualitativa del mismo en función de la intención última de los autores al incluir dicho elemento en el texto. Lógicamente, no es lo mismo una imagen que sólo pretende la mera observación, que un gráfico explicado con todo lujo de detalles o una experiencia que lleva asociadas una serie de cuestiones, encaminadas a crear conflictos conceptuales en el alumnado y explorar sus ideas al respecto.

Con todo lo expuesto, el lugar donde aparezca el elemento, la manera de introducirlo y el objetivo último que persigue, serán los tres parámetros que se tendrán en cuenta en las apariciones de recursos recreativos de los libros de texto.

En este trabajo se prevé encontrar un reducido número de referencias a estos recursos y que, además, éstas carecerán, en general, de valor educativo. Para demostrar la veracidad de esta subhipótesis, se pueden extraer de la misma una serie de aspectos concretos más fácilmente analizables y cuyo estudio en conjunto dará validez o refutará dicha subhipótesis. Así, se espera que en los libros de texto:

-L1. Aparecerá un número muy limitado de recursos de ciencia recreativa en general, encontrándose pocas referencias a los mismos y, por tanto, evidenciando la escasa atención que a éstos se les presta.

-L2. Sólo una pequeña parte de los recursos gráficos utilizados (fotos, dibujos, etc.) pertenecerán a aspectos recreativos o lúdicos de la ciencia, creando posiblemente una imagen *visual* excesivamente seria y estereotipada de la ciencia y el trabajo científico.

-L3. Una buena parte de las imágenes referentes a aspectos recreativos será estéril, de muy bajo o nulo valor educativo, al estar desprovista de comentarios pertinentes que complementen el aspecto meramente visual.

-L4. Se propondrán pocas actividades relacionadas con la ciencia recreativa. La mayoría de las actividades propuestas en los libros dejarán completamente de lado este aspecto, incluso en circunstancias en las que sería sencillo incorporarlo, desaprovechando oportunidades de contar con el beneficio motivacional que estas referencias pueden aportar (un ejemplo sencillo es el típico problema de cinemática en el que se utiliza la expresión: «un móvil recorre...», donde resultaría sencillo contextualizar ese móvil hablando de un monopatín, un globo, un coche de juguete, un avioncito de papel...).

-L5. Un elevado porcentaje de las referencias a juegos, juguetes, pequeñas experiencias, productos tecno-científicos y deportes, se encontrarán en lugares de poca incidencia dentro del texto, esto es, al principio, al final o en lugares marginales, con la consecuente pérdida de valor educativo que estas reseñas tendrán frente a aquellas integradas plenamente en el desarrollo de los temas.

-L6. Igualmente, dichas referencias consistirán principalmente en meros comentarios o citas, encontrando escasas descripciones de las mismas, lo que indicará un uso superficial o tangencial de éstas, sin intenciones de aprovechamiento del potencial motivador inherente.

-L7. Muchas de las actividades propuestas estarán pensadas para su realización en el centro educativo. Por una parte se pierde el elemento motivador y contextualizador de las actividades realizadas fuera del centro [Solbes y Vilches 1989] y, por otra parte, se puede esperar que la realización de muchas de ellas se lleve a cabo por parte del docente,

relegando al alumno a un papel de mero observador, poco participativo y, por tanto, de escaso valor educativo.

-L8. Consecuentemente, en algunas de las referencias encontradas, este carácter de mero observador asignado al alumno quedará reflejado de forma explícita, no encontrándose ninguna otra intención en su presencia.

-L9. De manera análoga, muy pocas referencias explicitarán claramente intenciones educativas de elevado valor según los criterios asignados por los trabajos de investigación realizados en didáctica de las ciencias (exploración de ideas del alumnado, creación de conflictos, realización de pequeñas investigaciones guiadas...), limitándose, a lo sumo, a introducir o ejemplificar algún concepto teórico, a tratar alguna cuestión acerca de los principios físico-químicos que las rijan o a formar parte de algún problema de cálculo numérico.

-L10. Finalmente, la mayoría de las referencias aparecerán concentradas en ciertos capítulos de los libros, correspondientes a unidades didácticas concretas en las que resulta extremadamente *fácil* aplicar ciertos elementos que se han considerado como *recreativos*, como es el caso de los deportes en los temas de cinemática y mecánica.

3.2. PROFESORES EN FORMACIÓN

Los profesores en formación cuentan con un carácter ambivalente, ya que en determinadas circunstancias pueden ser considerados tanto estudiantes como docentes. Realmente no son ni una cosa ni la otra, pero ese punto intermedio permite obtener de ellos una doble visión, en función de las preguntas formuladas en un cuestionario apropiado. Se puede suponer que el tipo de *recursos* o *técnicas metodológicas*

que nos ocupa no será reconocido por los profesores en formación (que acaban de superar su periplo estudiantil) debido al escaso uso de los mismos. Así, se postula que durante su etapa como estudiantes, recién concluida, habrán tenido escaso contacto con este tipo de recursos, debido al poco uso de los mismos por parte del profesorado que les haya instruido, lo cual reforzaría la validez de la hipótesis principal en cuanto a su aspecto *presencial*. Así, se espera encontrar que:

-**P1.** Los profesores en formación reconocerán un escaso uso de elementos de ciencia recreativa por parte de sus profesores durante su etapa de estudiantes preuniversitarios.

-**P2.** Consecuentemente, las técnicas metodológicas más utilizadas por sus formadores, durante su etapa preuniversitaria, serán de carácter expositivo centradas en explicaciones teóricas y problemas numéricos de lápiz y papel, modelos clásicos de *transmisión de conocimientos* que pueden influir en su futura labor docente [Gil *et al.* 1991].

-**P3.** Pese a tener escaso contacto con ellos, los profesores en formación valorarán positivamente el uso de recursos de ciencia recreativa en su futura práctica docente. Si bien esto puede cambiar con el tiempo, se puede entender que en este punto las reflexiones acerca de su futuro como docentes están desvelando sus preferencias como estudiantes. De alguna manera, piensan que utilizarán las metodologías con las que disfrutaron, o con las que les hubiera gustado disfrutar, durante su etapa de estudiantes.

-**P4.** Siguiendo en esta línea, sugerirán explícitamente este tipo de recursos como elementos que podrían aumentar el interés de los estudiantes hacia las materias científicas y tecnológicas.

3.3. OPINIONES DE LOS ESTUDIANTES

En el principio de este trabajo se justificó y fundamentó una hipótesis en la que los aspectos lúdicos de la ciencia eran susceptibles de utilizarse como desencadenantes de un *cambio actitudinal*, al resultar elementos motivadores que salen al paso de una visión deformada de los alumnos, quienes consideran el aprendizaje de la ciencia como algo *aburrido*, quizás influida por el principal uso de unos libros de texto que obvian el aspecto lúdico de la misma y por las estrategias metodológicas adoptadas por docentes, que no aplican los resultados de las investigaciones en el campo de la didáctica.

Para verificar dicha hipótesis es evidente que la parte esencial es su validación con el alumnado, ya que en definitiva es éste el factor determinante último del proceso de enseñanza-aprendizaje. Ya vimos que ciertos estudios [Germann 1988, Piburn y Baker 1993] encontraron recurrentemente en los estudiantes una visión aburrida de las clases y que esto podía considerarse como uno de los índices actitudinales fiables. Es nuestro caso particular, pensamos que los estudiantes:

-E1. Mostrarán una actitud negativa hacia la ciencia y la tecnología en general, valorando negativamente la educación científica recibida hasta el momento.

-E2. Presentarán una escasa motivación hacia el estudio de las materias científicas, considerándolas aburridas y carentes de interés.

-E3. No valorarán la relevancia de la ciencia y la tecnología en la construcción de la sociedad actual, no reconociendo su utilidad.

-E4. Considerarán las materias científicas como difíciles y excesivamente teóricas frente a otras áreas del currículo.

-E5. Debido a su mayor carácter práctico y a las habituales actividades de elaboración de productos *tecno-científicos*, la materia de *Tecnología* será considerada como más divertida y menos teórica que la de *Biología y Geología* y la de *Física y Química*.

-E6. Tendrán mayor interés por prácticas metodológicas *distintas* a las características del método expositivo tradicional, explicaciones excesivamente teóricas y problemas numéricos de lápiz y papel, especialmente mayor cuanto más carácter lúdico presenten.

-E7. Propondrán actividades lúdicas que puedan servir como ejemplos metodológicos que podrían hacer aumentar su interés por las clases de ciencias y tecnología.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL PARA CONTRASTAR LA HIPÓTESIS

Ya se ha esbozado la línea instrumental que se va a seguir en este trabajo y que, en definitiva, no difiere mucho de las que habitualmente se emplean en el cuerpo de conocimientos de la didáctica de las ciencias experimentales. Así, los instrumentos de análisis de las subhipótesis formuladas y, por tanto, de la hipótesis principal, consistirán en:

i) Una red de análisis de textos diseñada al efecto para la validación de la subhipótesis correspondiente. Dicha red se utilizará para analizar libros correspondientes a las áreas de Ciencias de la Naturaleza, concretamente a las materias de *Física y Química*, así como de *Tecnología*, en los cursos de 3º y 4º de ESO. Actualmente, la mayoría de investigaciones no usan grandes muestras para aumentar la significación de los resultados, sino que se proponen estudios que estimen diferentes parámetros que confluyan en una idea. Así, en este tipo de trabajos suele considerarse significativa una muestra de 30 a

50 individuos en la que se controlen distintos parámetros [Fox 1981]. Para este estudio se analizarán 30 libros, editados en diferentes comunidades autónomas tras la aplicación de la LOGSE.

ii) Un cuestionario respondido por profesores en formación, es decir, alumnos del *Curso de Aptitud Pedagógica* para la especialidad de *Física y Química*, impartido en la Universitat de València durante el curso escolar 2005-6 (cuando todavía no se había puesto en marcha el Master de Formación del Profesorado) y en el que se plantearán diferentes cuestiones, encaminadas a validar los aspectos en que se divide la subhipótesis emitida al respecto.

iii) Un cuestionario contestado por alumnos de 3º y 4º de la ESO de diversas comunidades autónomas que, al igual que el anterior, pretende verificar o refutar la subhipótesis emitida sobre las opiniones de los alumnos que cursan el segundo ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria. Es oportuno constatar el hecho de que para una buena parte del alumnado la materia de *Física y Química* es o bien la primera vez que la cursan como asignatura (3º) o bien una asignatura elegida de manera opcional (4º).

3.4.1. Análisis de los libros de texto

Se ha diseñado una red de análisis de libros de texto en la que se ha intentado dar respuesta a los aspectos mencionados en el apartado anterior. Con esta red se pretende localizar, contabilizar y *valorar* los recursos de ciencia recreativa presentes en dichos libros. En la elaboración de este instrumento fue necesario rediseñar la red varias veces, añadiendo y suprimiendo, respectivamente, aspectos que resultaban esenciales y se habían pasado por alto al inicio, y aspectos que resultaron superfluos o de muy escaso interés y que inicialmente se consideraron importantes. Una vez conseguido un diseño aceptable,

varios investigadores aplicaron la red a un libro escogido al azar, para verificar la coincidencia en el establecimiento de los criterios seguidos al rellenar la misma, con el objeto de que estos resultaran máximamente objetivos.

Tras este proceso, se acordó el diseño definitivo de la red que se muestra en la tabla 2.

La red se inicia recogiendo los datos bibliográficos del libro. A partir de aquí, incluye una tabla de toma de datos dividida en varios aspectos. Por una parte, hay un recuento total de las referencias a ciencia recreativa encontradas, divididas en juegos, juguetes, productos *techo-científicos*, pequeñas experiencias y deportes, que son los cinco tipos en los que se han dividido este tipo de recursos y cuya justificación y descripción ya se ha realizado previamente. Estas referencias se clasifican posteriormente en función del lugar en el que se encuentran, de la manera en la que aparecen y del objetivo último que parece perseguir su aparición en el libro. Para constatar su presencia y clasificación, se anota en la red el número de la página del libro en la que aparecen, y el tema o unidad didáctica correspondientes, dejando una casilla final para consignar la suma total (TOT).

Si bien prácticamente todos los ítems reflejados en la red tienen su correspondencia con uno o varios aspectos concretos de la subhipótesis correspondiente, se han dejado algunas casillas abiertas a otros aspectos no previstos y que pueden ser de utilidad en el futuro. Finalmente, se efectúa un recuento total de las páginas, las imágenes y las actividades propuestas en el libro.

Los resultados que se obtienen son, esencialmente, recuentos globales de las referencias y sus diferentes aspectos. Posteriormente se verá, de

manera más concreta, qué se ha tenido en cuenta en cada caso particular para validar o refutar las subhipótesis.

En este punto trataremos de establecer las correspondencias entre los aspectos concretos de las subhipótesis y los puntos de control de la red de análisis, estableciendo los criterios que valorarán su grado de verificación de la hipótesis principal.

- **Bloque 1.** Ítems: *1a 1b, 1c, 1d y 1e*
CORRESPONDENCIA CON: Subhipótesis L1 y L10

Los ítems 1a, 1b, 1c, 1d y 1e de la red de análisis constituyen un recuento total de los elementos de ciencia recreativa encontrados en el libro, sin importar el tratamiento o la importancia de su aparición. Además, el final de la red contiene el dato complementario del número de páginas del libro analizado. Con esto, el recuento de apariciones dividido por el número de páginas es el primer indicador de la presencia o ausencia de estos recursos, y lo podemos definir como:

$$Id1 = (\text{n}^\circ \text{ total de elementos} / \text{n}^\circ \text{ total páginas de libro}) \cdot 100$$

Este indicador se corresponde directamente con el aspecto L1 de la subhipótesis A. Un porcentaje alto de Id1 se considera contrario a la hipótesis; no obstante, se debe tener en cuenta que el hecho de que aparezcan muchas referencias no quiere decir que éstas sean estrictamente *tenidas en cuenta*, ya que pueden aparecer sin ningún tipo de intención o valor educativo. Tanto para este punto como para el desarrollo posterior, los valores obtenidos en los indicadores deberán analizarse en su conjunto para poder extraer conclusiones pertinentes.

Tabla 2. Red de análisis de los libros de texto

RED DE ANÁLISIS DE TEXTOS				
AUTOR/ES	EDITORIAL, LUGAR Y FECHA DE EDICIÓN			
TÍTULO			CURSO	
ASPECTO	PÁGINAS DONDE APARECE	TEMA	TOT.	
<i>1- Juegos, juguetes, productos tecno-científicos, pequeñas experiencias lúdicas y deportes</i>				
1a- Juegos				
1b- Juguetes				
1c- Productos <i>tecnocientíficos</i>				
1d- Pequeñas experiencias				
1e- Deportes				
<i>2- Lugar donde se introducen</i>				
2a- Principio o final (en apartados separados)				
2b- Punto de partida (para introducir un tema/concepto)				
2c- Integrados en el desarrollo del tema				
2d- Imágenes sin comentario				
2e- Imágenes comentadas				
2f- Actividades propuestas				
2h- Otros				
<i>3- Cómo se introducen</i>				
3a- Los nombra				
3b- Los describe				
3c- Para construir en casa				
3d- Para construir en el centro				
3e- Problema de cálculo				
3f- Pequeña investigación guiada				
3g- Cuestión acerca de su funcionamiento o principio físico				
3h- Otros				
<i>4- Objetivo que se persigue</i>				
4a- Introducción (tema/concepto)				
4b- Mera observación				
4c- Ilustración/ejemplificación teoría, contextualización				
4d- Exploración de ideas del alumnado				
4e- Creación de conflictos conceptuales en el alumnado				
4f- Otros				
Nº PÁGINAS		Nº DE IMÁGENES		Nº DE ACTIVIDADES

Además de este indicador *global*, podemos extraer un nuevo indicador que analice la distribución de los elementos en los diferentes temas o unidades didácticas del libro en cuestión. Así, la red incluye una casilla aparte, que permite la asignación de los elementos encontrados al tema correspondiente. Es indiscutible que en determinados temas resulta más sencillo el uso de estos elementos, bien sea por la tradición de su uso, o por la disponibilidad de los mismos; es más fácil disponer y utilizar un globo o una pelota de tenis, que una porción de sodio o unos mililitros de luminol. A pesar de ello, si la intención de un libro de texto fuera la de *tener en cuenta* los elementos de ciencia recreativa como un recurso con elevado potencial motivador, no cabe duda que su presencia sería independiente de la facilidad o dificultad con la que dicho elemento pudiera conseguirse o utilizarse. En la bibliografía utilizada para este trabajo, se han encontrado infinidad de elementos recreativos para todos y cada uno de los temas que componen los currículos de las materias científico-tecnológicas que se imparten actualmente. Por tanto, parece lícito afirmar que la ausencia de dichos elementos en determinados temas estará justificada por la desconsideración manifiesta hacia los mismos como recurso de utilidad motivadora, no admitiéndose otro tipo de excusas al respecto de la sencillez en su uso u obtención. Así, encontraremos un indicador que valide o refute el aspecto L10 de nuestra subhipótesis al comparar la cantidad de elementos encontrados en distintos temas o, por decirlo de otra manera, la *desviación* de su uso. Si llamamos T1 al porcentaje de apariciones del tema con mayor número de elementos de ciencia recreativa, T2 al porcentaje correspondiente al segundo tema con mayor número de elementos de ciencia recreativa, y análogamente T3, T4, T5 (y T6 para el caso de *Tecnología*), podremos definir dicho indicador como:

$$\mathbf{Id2} = T1 + T2 + T3 + T4 (+T6 \text{ para } \textit{Tecnología})$$

Anticipando posteriores análisis que redundarán en este sentido, se obtendrán dos indicadores Id2 distintos, uno para los libros de *Física y Química* y otro para los de *Tecnología*.

Este indicador presenta la desventaja de que cada libro, divide los contenidos en temas, de una manera particular. Para facilitar el tratamiento, se han dividido los currículos de *Física y Química* y de *Tecnología* en 10 y 12 temas respectivamente. A la hora de asignar estos temas, se ha procurado la mayor coincidencia posible con las divisiones que cada editorial ha realizado arbitrariamente. Se ha considerado, que la observación del porcentaje de apariciones acumuladas por un número de temas igual a la mitad de los propuestos (5 en *Física y Química* y 6 en *Tecnología*) puede utilizarse como indicador efectivo. Es evidente que cuanto mayor sea el valor del Id2, más reforzada se verá la subhipótesis.

- **Bloque 2.** Ítems: 2a, 2b y 2c CORRESPONDENCIA CON:
Subhipótesis L5

El bloque 2 de la red analiza el lugar de aparición de un elemento determinado en un libro de texto, pudiendo relacionarse con el valor educativo que los autores han pretendido asignarle. En nuestro caso y basándonos en la red de análisis confeccionada, podemos asignar como indicadores la proporción de apariciones integradas en el desarrollo del tema y, en oposición, las que se encuentran al principio, al final, o en apartados marginales, frente al total de las mismas. En la red, se han diferenciado las que aparecen como punto de partida para la introducción de un concepto o un tema, que serán consideradas como *neutras*, ya que en ocasiones pueden resultar de alto valor,

especialmente motivador y en otras es meramente un modo más de comenzar. Así se define:

$$\mathbf{Id3} = (\text{n}^\circ \text{ de elementos integrados en el tema} / \text{n}^\circ \text{ total de elementos}) \cdot 100$$

$$\mathbf{Id4} = (\text{n}^\circ \text{ de apariciones al principio, final o margen del tema} / \text{n}^\circ \text{ total de elementos}) \cdot 100$$

Un valor alto de Id3 y uno bajo de Id4 se consideran como contrarios a la hipótesis. Al igual que en el apartado anterior, se deberán tener en cuenta otros indicadores, ya que aspectos no evaluados, como el mismo diseño del libro de texto, en el que los márgenes pueden ser incluso más significativos que el texto, podrían distorsionar el sentido de los resultados obtenidos.

- **Bloque 2.** Ítems: *2d* y *2e* CORRESPONDENCIA CON:
Subhipótesis L2 y L3

Al margen de los comentarios ya realizados sobre el potencial de las imágenes de un texto, los apartados 2d y 2e de la red simplemente recuentan las imágenes encontradas que guardan cierta relación con aspectos de ciencia recreativa. Se ha diferenciado entre imágenes comentadas e imágenes sin comentario. El criterio de asignación ha sido riguroso, es decir, cualquier comentario, por mínimo que resulte acerca de la imagen mostrada, otorga automáticamente a ésta la categoría de imagen comentada. Una imagen sin comentario es algo que puede considerarse como superfluo, de escaso o nulo valor educativo y, en ocasiones, innecesario. La abundancia de imágenes no es una garantía a la hora de facilitar la comprensión de conceptos

[Martínez Peña y Gil Quílez, 2001]. Ciertamente es que el docente puede valerse de una imagen para comentarla en el aula, pero no puede ser una excusa para ser incluida de manera indiscriminada. Sería lógico pensar que la cantidad de este tipo de elementos debería ser mínima o inexistente, según nuestra hipótesis.

Para poder establecer las valoraciones, se recurre a las casillas finales de recuentos totales. Así, generamos tres nuevos indicadores:

Id5 = (nº de imágenes de *ciencia recreativa* / nº total de imágenes) · 100

Id6 = (nº de imágenes de ciencia recreativa comentadas / nº imágenes de ciencia recreativa) · 100

Id7 = (nº de imágenes de ciencia recreativa sin comentar / nº imágenes de ciencia recreativa) · 100

En los dos primeros casos, valores de los indicadores altos son contrarios a la hipótesis, mientras que en Id7 la refuerza. En este apartado, se observa la consideración tanto de la *cantidad* de los recursos encontrados (Id5) como la *calidad* de los mismos (Id6, Id7) los dos factores de control tras afirmar en nuestra hipótesis que este tipo de elementos *no se tienen en cuenta*.

- **Bloque 2.** Ítem: 2f CORRESPONDENCIA CON:
Subhipótesis L4

Resulta prácticamente indiscutible que las actividades propuestas en un libro de texto son uno de los elementos esenciales de su estructura y finalidad. De hecho, numerosos autores proponen como un adecuado hilo conductor del proceso de enseñanza-aprendizaje una secuencia de actividades cuidadosamente seleccionadas. Así, si

esperamos que algún elemento o recurso concreto se tenga en cuenta en el desarrollo de un libro de texto, éste deberá, sin duda, estar presente en el conjunto actividades propuestas, prestándosele más atención cuanto más presente esté. En este apartado sólo se establece un recuento de actividades *recreativas* y se compara con un recuento total de actividades propuestas en el libro. El tipo de actividades no se ha tenido en cuenta en este recuento, valorándose igualmente un problema de cálculo numérico que una cuestión breve, una práctica de laboratorio o una actividad para realizar en casa.

Para encontrar un indicador al respecto, se establece el siguiente:

$$\mathbf{Id8} = (\text{n}^\circ \text{ actividades de ciencia recreativa} / \text{n}^\circ \text{ total de actividades}) \cdot 100$$

Una vez más, valores altos del indicador corresponderán a posiciones contrarias a la hipótesis, puesto que supondría una considerable presencia de las actividades de ciencia recreativa y por tanto refutaría la premisa de que *no se tienen en cuenta*.

- **Bloque 3.** Ítems: *3a* y *3b* CORRESPONDENCIA CON:
Subhipótesis L6

En estos ítems se vuelve a analizar el *valor educativo* de las referencias encontradas, al contraponer el hecho de que dichas referencias sean simplemente nombradas de soslayo o descritas con algún fin. El criterio de asignación elegido considera como descrito un elemento sobre el que se constata algo más que una mera referencia contextual o una única cuestión acerca del principio físico-químico que interviene. Tampoco se consideran descritas las referencias en las

que el elemento forma parte de una actividad cualquiera, un problema numérico o una pequeña experiencia, de manera casual. Con este ítem se persigue analizar el valor educativo, la intención en el uso de uno u otro elemento recreativo. Por tanto, en un problema en el que se pidan valores de posición o velocidad de una pelota de fútbol, o en un margen en el que aparezca la típica foto de un esquiador con un simple comentario del tipo «los esquíes impiden que el esquiador se hunda en la nieve» serán considerados (el fútbol y el esquí en este caso) como elementos únicamente *nombrados*. Por el contrario, una explicación del funcionamiento de las palancas de primer grado utilizando un balancín, juego típico en las áreas infantiles de los parques públicos, considerará al elemento como *descrito*. Así, establecemos dos nuevos indicadores al comparar el número de cada uno de estos elementos frente al total de elementos encontrados:

$$\text{Id9} = (\text{n}^\circ \text{ elementos nombrados} / \text{n}^\circ \text{ total elementos}) \cdot 100$$

$$\text{Id10} = (\text{n}^\circ \text{ elementos descritos} / \text{n}^\circ \text{ total elementos}) \cdot 100$$

Valores elevados de Id9 y bajos de Id10 se consideran, obviamente, favorables para la validación de la subhipótesis.

- **Bloque 3.** Ítems: *3c* y *3d* CORRESPONDENCIA CON:
Subhipótesis L7

En la emisión de la subhipótesis correspondiente se justificó el porqué se considera de mayor valor educativo y motivador una actividad propuesta para su desarrollo fuera del centro educativo. En la red de análisis se ha distinguido entre las actividades que están pensadas para realizar en el centro y aquellas cuya ejecución queda explícitamente propuesta para realizar fuera de él. Quizás esta valoración carezca de una posible graduación, ya que no se ha distinguido entre actividades

realizadas en el aula o en otros espacios del centro educativo, laboratorio, patio, etc., pero tampoco el lugar de realización implica necesariamente una atención mayor o un valor añadido. En este punto sólo se pretende recordar la disertación al respecto del valor de las actividades realizadas *en el exterior* y constatar su presencia o ausencia entre las actividades de tipo recreativo encontradas. Haciendo uso del recuento total de actividades *recreativas* propuestas obtenido en el bloque 2, obtenemos dos nuevos indicadores:

Id11 = (nº actividades para realizar en el centro / nº total actividades recreativas) · 100

Id12 = (nº actividades para realizar fuera del centro / nº total actividades recreativas) · 100

Lógicamente, valores bajos de Id11 y elevados para Id12 resultarán contrarios a la validez de la subhipótesis planteada.

- **Bloque 3.** Ítems: *3e*, *3f* y *3g* CORRESPONDENCIA CON:
Subhipótesis L9

Los tres ítems que componen este apartado hacen referencia a la manera en la que se introducen los elementos de ciencia recreativa. Se pretende evaluar su potencial motivador a través del valor educativo coherente con cada modo de utilización de un elemento determinado. Se han diferenciado tres modos de introducción de los elementos: en problemas de cálculo, en pequeñas investigaciones guiadas y en cuestiones acerca del funcionamiento o ejemplificación de los principios físico-químicos. El criterio de valoración puede resultar

extremadamente subjetivo; esto es, si bien es evidente que las pequeñas investigaciones guiadas son una metodología de elevado valor educativo [Furió *et al.* 1994], las cuestiones acerca de los principios físico-químicos pueden serlo o no según el tratamiento por parte del docente. Los problemas de cálculo suelen aprovechar el elemento correspondiente para ejemplificar o contextualizar básicamente el ejercicio, pero difícilmente utilizan el elemento en sí como foco de atención para estimular al alumno en su resolución. Además, diversas investigaciones han cuestionado el modo en el que tradicionalmente suelen presentarse los problemas de lápiz y papel [Gil *et al.* 1991], ya que, habitualmente, carecen de mayor interés que el de agilizar la capacidad de cálculo matemático del alumno, sin añadir otro tipo de destrezas básicas en el trabajo científico. Así, en el recuento de este tipo de uso de los elementos recreativos, se valorarán como de elevado *valor educativo* las pequeñas investigaciones guiadas, de bajo *valor educativo* los problemas de cálculo, y consideraremos neutro el planteamiento de cuestiones acerca de los principios en que se basa.

Para la cuantificación se obtendrán, como ha sido habitual hasta ahora, dos indicadores porcentuales, uno para el uso de pequeñas investigaciones guiadas, que obviamente resultará contrario a la hipótesis cuanto mayor sea su valor y otro para los problemas numéricos en el que la valoración frente a la hipótesis será la contraria. Así, definimos:

$$\mathbf{Id13^1} = (\text{n}^\circ \text{ pequeñas investigaciones guiadas} / \text{n}^\circ \text{ total elementos}) \cdot 100$$

$$\mathbf{Id13^2} = (\text{n}^\circ \text{ problemas cálculo} / \text{n}^\circ \text{ total elementos}) \cdot 100$$

Los indicadores parciales Id13¹ e Id13² resultarán útiles, ya que no resultaría extraño encontrar el valor cero en el primero de ellos. Lógicamente, cuanto menor sea el valor del indicador Id13¹ y mayor el de Id13², mayor será la validación del aspecto de la subhipótesis evaluado.

Dado que se esperan valores nulos en muchos libros, posteriormente se utilizarán nuevos ítems que reafirmen la validez del aspecto L9 de la subhipótesis.

- **Bloque 4.** Ítems: *4a, 4b, 4c, 4d y 4e* CORRESPONDENCIA
CON: Subhipótesis L8 y L9

Como referíamos en el apartado anterior, la totalidad del bloque 4 sirve para matizar la validez del aspecto L9 de la subhipótesis, ya que el análisis del objetivo que persigue un elemento de ciencia recreativa determinado, explicita las intenciones educativas de los autores al incluirlo. Así, se ha distinguido entre cinco elementos correspondientes con cinco posibles intenciones y que, lógicamente, influyen en mayor o menor medida a la hora de validar la hipótesis.

i) *4a* y *4c*. El primero de los ítems recoge aquellos elementos cuya intención es introductoria, ya sea de un tema o un concepto determinado. Al igual que pasaba con el lugar donde se encontraba (ítems *2a, 2b* y *2c*), una referencia introductoria puede tener un carácter ambivalente, resultando altamente motivadora, o simplemente contextualizar de una manera mínima, careciendo de dicho valor educativo. Por esto, se ha considerado este tipo de elementos como neutros, constatándose pero no afectando significativamente su presencia a la validez de la propuesta. En el segundo de los ítems se recogen todos los elementos que pretenden ilustrar, ejemplificar o contextualizar de alguna manera el concepto teórico tratado. Al igual

que pasaba con el ítem anterior, este objetivo también puede resultar ambivalente. En principio, se podría pensar que este tipo de utilidad no es de elevado valor educativo, puesto que esta intención es la mínima exigible al tratar un concepto cualquiera; parece imposible introducir en una clase un concepto teórico que no se pueda ver, ni recurrir a ningún ejemplo aclaratorio, ni conectarse de ninguna manera con la realidad. No obstante y, dado que, en ciertas ocasiones, un ejemplo bien escogido o una imagen precisa pueden resultar clave en el proceso de comprensión o en el interés del alumnado por un determinado concepto, también se ha decidido considerar estos ítems como neutros.

ii) *4b, 4d y 4e*. En estos tres ítems, la intención u objetivo mostrado es claramente contrario o favorable a la subhipótesis y por tanto, podemos extraer dos indicadores contrapuestos. El ítem 4b recoge aquellos elementos que persiguen una mera observación. En la mayoría de ocasiones se tratará de imágenes sin ningún tipo de comentario (ítem 2d). También pueden aparecer expresiones en títulos obviadas a posteriori, o datos numéricos carentes de tratamiento, todos ellos de nulo valor educativo, superfluos y absolutamente innecesarios. El indicador que se genera a partir de estos elementos se corresponde con ambos aspectos de la subhipótesis (L8 y L9) y puede expresarse como:

$$\mathbf{Id14} = (\text{n}^\circ \text{ elementos } \textit{superfluos} / \text{n}^\circ \text{ total elementos}) \cdot 100$$

Lógicamente, cuanto más elevado sea el valor de Id14, más reforzada se verá la validez de la subhipótesis formulada.

Por el contrario, los ítems 4d y 4e recogen elementos que aportan un elevado valor educativo. La exploración de ideas previas y la creación de conflictos conceptuales representan recursos metodológicos

valiosos y, como se vio en el primer capítulo de este trabajo, ampliamente contrastados por la investigación en didáctica de las ciencias. Al igual que en el anterior punto, podemos obtener un indicador definiendo:

$$\mathbf{Id15} = (\text{n}^\circ \text{ elementos } \textit{valiosos} / \text{n}^\circ \text{ total elementos}) \cdot 100$$

En este caso, los valores elevados de Id15 resultarán, por tanto, contrarios a la hipótesis, contribuyendo a reforzar su refutación.

A modo de resumen, hemos elaborado un cuadro (Tabla 3) en el que se muestran las correspondencias entre los ítems de la red y los aspectos concretos de la subhipótesis, junto con los indicadores que generan y su influencia en la validación de ésta. Para la implementación de estas últimas casillas se ha seguido el siguiente criterio: a medida que el número de referencias asignadas a un determinado ítem aumenta, la subhipótesis se verá: refutada (REFUT), validada (VALID), o indiferente (\emptyset); por ejemplo, el ítem 2d recuenta las imágenes de elementos de ciencia recreativa que aparecen sin ningún tipo de comentario. Se utiliza su recuento para verificar los aspectos L2 y L3 de la subhipótesis, utilizándose el valor obtenido en los indicadores Id5 e Id7. La presencia de muchas imágenes de ciencia recreativa, respecto al total de imágenes del libro, es un dato contrario a la hipótesis según Id5 y en la casilla aparece REFUT, pero si aparecen muchas imágenes de ciencia recreativa sin comentario, respecto al total de imágenes de ciencia recreativa, aumentará la validez de la hipótesis según Id7 y en la tabla aparece VALID.

Tabla 3. Cuadro de correlación entre los ítems y los indicadores

Aspecto subhipótesis →	L 1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	L 7	L 8	L 9	L 10	Indicadores y validación (para aumentos en el recuento)			
	ÍTEM										IND.	VAL	IND.	VAL
1a	●									●	Id1	REFUT	Id2	∅
1b	●									●	Id1	REFUT	Id2	∅
1c	●									●	Id1	REFUT	Id2	∅
1d	●									●	Id1	REFUT	Id2	∅
1e	●									●	Id1	REFUT	Id2	∅
2a					●						Id4	VALID	-	-
2b					●						∅	∅	-	-
2c					●						Id3	REFUT	-	-
2d		●	●								Id5	REFUT	Id7	VAL
2e		●	●								Id5	REFUT	Id6	REF
2f				●							Id8	REFUT	-	-
3a						●					Id9	VALID	-	-
3b						●					Id10	REFUT	-	-
3c							●				Id12	REFUT	-	-
3d							●				Id11	VALID	-	-
3e									●		Id13 ²	VALID	-	-
3f									●		Id13 ¹	REFUT	-	-
3g									●		∅	∅	-	-
4a									●		∅	∅	-	-
4b								●	●		Id14	VALID	Id15	VAL
4c									●		∅	∅	-	-
4d									●		Id15	REFUT	-	-
4e									●		Id15	REFUT	-	-

3.4.2. Cuestionario realizado con profesores en formación

Ya se han comentado ciertas particularidades de los profesores en formación. Además de lo mencionado, éstos comparten con los

docentes en activo una cierta suspicacia a la hora de enfrentarse con un cuestionario, puesto que aparentemente presuponen que en él se va a realizar algún tipo de evaluación de su tarea docente o de su aptitud para la futura profesión. Por ello, el cuestionario diseñado a tal fin es bastante limitado en cuanto a su extensión. Así, sólo se han realizado tres preguntas divididas en múltiples factores; en dos de ellas se solicita la valoración del uso de diferentes técnicas metodológicas y en una tercera, de respuesta abierta, se piden sugerencias que puedan estimular la motivación de los estudiantes.

En las dos preguntas de valoración, se ha intentado incluir todas las prácticas o recursos metodológicos habituales en una clase de ciencias o tecnología, distribuidas en una tabla de manera aleatoria, y en la que aparecen, como un recurso más, elementos de lo que hemos denominado ciencia recreativa. La valoración se ha solicitado en una habitual escala de 0 a 10. El cuestionario final se muestra en la tabla 4.

A continuación trataremos las correspondencias de las preguntas formuladas en el cuestionario con los diferentes aspectos que componen la subhipótesis correspondiente y criterios de valoración.

- **Cuestión 1** **CORRESPONDENCIA CON:**
Subhipótesis P1 y P2

En la primera cuestión se pide una valoración del uso de las diferentes técnicas metodológicas empleadas por los docentes, que han impartido clase a los profesores en formación durante su etapa de estudiante. Entre ellos, se han incluido dos de las referencias clasificadas como elementos de ciencia recreativa, el uso de juegos y juguetes, así como las pequeñas experiencias demostrativas. Con los resultados de valoración de estos dos elementos metodológicos establecemos dos indicadores respectivamente:

Id16 = valor medio asignado al apartado de juegos y juguetes

Id17 = valor medio asignado al apartado de experiencias demostrativas

En ambos casos, cuanto más elevado sea el valor del indicador más refutada quedará la hipótesis, pero conviene puntualizar que si bien los juegos y juguetes *son* de hecho elementos recreativos, las pequeñas experiencias demostrativas suelen serlo, pero no puede garantizarse que de hecho lo sean. Así el peso de la validación de la subhipótesis recae de manera más evidente sobre Id16 que sobre Id17.

En la misma cuestión también aparecen los *clásicos* elementos metodológicos de carácter expositivo, meras explicaciones teóricas, y centrados en el cálculo, problemas numéricos de lápiz y papel. El uso frecuente de estas técnicas corrobora la esperada visión desmotivada de los estudiantes, tendente a considerar las clases de ciencias como algo tedioso, aburrido, excesivamente teórico... Los indicadores que obtenemos son:

Id18 = valor medio asignado al apartado de explicaciones teóricas

Id19 = valor medio asignado al apartado de problemas numéricos

En ambos casos, valores elevados refuerzan la validez del correspondiente aspecto de la subhipótesis emitida.

Ya se ha comentado la intención de la segunda cuestión, centrada en obtener una opinión de la futura práctica docente bajo la perspectiva de un, hasta hace poco, estudiante universitario. En esta cuestión se plantea la misma parrilla de técnicas o recursos metodológicos, pero se pide una valoración del interés que pueden suponer pensando en su futuro como profesores. Si el planteamiento de nuestra hipótesis es cierto, se observará una valoración positiva de los *recursos recreativos* ya mencionados. Así, volvemos a obtener dos indicadores muy similares a los del apartado anterior, pero cuya valoración es diametralmente opuesta, esto es, cuanto más elevados sean los valores obtenidos, más validada quedará la subhipótesis:

Id20 = valor medio asignado al apartado de juegos y juguetes

Id21 = valor medio asignado al apartado de experiencias demostrativas

- **Cuestión 3** CORRESPONDENCIA CON:
Subhipótesis P4

Esta cuestión es de carácter abierto, por lo que las respuestas se deben analizar una a una. La cuestión solicita sugerencias que puedan incrementar el interés de los alumnos por las asignaturas científicas y tecnológicas. El procesamiento de las respuestas consistirá en efectuar un recuento de las sugerencias que coincidan con la propuesta fundamental de este trabajo y que, por tanto, planteen un tratamiento metodológico para las clases de ciencias tal que despojen a éstas de su carácter aburrido mediante el uso de elementos de ciencia recreativa. El indicador que se puede extraer, teniendo en cuenta que en ocasiones la pregunta se contestará en blanco, sólo puede ser un mero recuento de cuántas propuestas en este sentido se encuentren, frente al total de propuestas sugeridas y, por tanto, más reforzada quedará la

subhipótesis cuanto mayor sea el valor obtenido para el siguiente indicador:

$$\text{Id22} = (\text{n}^\circ \text{ propuestas de elementos recreativos} / \text{n}^\circ \text{ total de sugerencia recogidas}) \cdot 100$$

Tabla 5. Cuadro de relación cuestión-subhipótesis.

Aspecto subhipótesis	P1	P2	P3	P4
Cuestión n°				
1	•	•		
2			•	
3				•

Al igual que en el apartado anterior, podemos configurar un cuadro de relación, esta vez mucho más sencillo que el realizado con libros de texto en el apartado anterior. Este cuadro se muestra en la Tabla 5 y permite relacionar las cuestiones planteadas con los diferentes aspectos de la subhipótesis.

3.4.3. Cuestionario realizado con alumnos

El cuestionario realizado con alumnos, mostrado en la tabla 6, comienza con unos datos referentes al centro, la edad y el curso al que pertenecen. El cuestionario se ha realizado de forma anónima, para evitar la posible presión que, en caso contrario, se pudiera producir sobre alguno de los alumnos. Se ha dividido en seis cuestiones, la mayoría de ellas subdivididas en varios aspectos a tener en cuenta; cuatro de ellas de tipo valorativo, en la que los alumnos asignan a los ítems propuestos un valor, generalmente de 0 a 10, en el que el cero corresponde a la valoración más negativa. En una de estas cuestiones se ha solicitado una respuesta de cuatro opciones (1-4) dos de ellas positivas y dos negativas, en la que se fuerza al alumno a decantarse

por una posición determinada, evitándose así la tendencia a elegir respuestas neutras [Fox 1981].

Las dos preguntas restantes son abiertas y se solicita al estudiante que aporte sugerencias que puedan mejorar la motivación y el interés hacia las clases de ciencia y tecnología.

El cuestionario se diseñó para cubrir los diferentes aspectos de la subhipótesis correspondiente y, al igual que en los anteriores, se establecerá una correspondencia entre las distintas cuestiones y los mencionados aspectos. La multiplicidad de ítems en que se dividen muchas de las cuestiones nos presenta un cuestionario en el que, además de cubrir las necesidades de verificación o refutación de la subhipótesis planteada, ofrece ciertas posibilidades para futuras subhipótesis o aspectos susceptibles de conformar nuevos puntos de atención. Si bien el establecimiento de correlaciones entre las respuestas escapa a las intenciones de este trabajo, no se descarta, sino más bien todo lo contrario, la posible utilidad de las mismas en ulteriores trabajos de investigación.

Este cuestionario, como ya se ha comentado con anterioridad, se ha aplicado a una muestra de 170 alumnos, pertenecientes a distintas comunidades autónomas, que cursan 3º y 4º de ESO en centros públicos, privados y concertados. Los cuestionarios han sido realizados durante el curso 2005-6 y no se ha tenido en cuenta en qué momento del curso se realizaron.

A continuación, trataremos las correspondencias de las preguntas formuladas en el cuestionario con los diferentes aspectos que componen la subhipótesis correspondiente y criterios de valoración.

Tabla 6. Cuestionario realizado con alumnos de 3º y 4º de ESO

Centro:	EDAD :	CURSO : 3º () 4º ()
---------	--------	-----------------------

1. Valora (de 0 a 10) si la enseñanza recibida hasta ahora ha despertado tu interés por la ciencia y la tecnología. ...[0=valoración muy negativa... 10=máxima valoración positiva]

2. Valora (de 0 a 10) los motivos que se indican a continuación, según despierten tu interés en los estudios: [0= poco interés ... 10= máximo interés]

3. Señala los factores que aumentan o pueden aumentar tu interés hacia los estudios que realizas de las asignaturas de ciencia y tecnología.

a).....

b).....

4. Valora (de 1 a 4) tu forma de ver las siguientes asignaturas, independientemente del profesorado que la imparta:

ASIGNATURAS	Sin interés	1	Inútil	1	Muy aburrida	1	Muy difícil	1	Muy teórica	1
	Escaso interés	2	Poco útil	2	Aburrida	2	Difícil	2	Teórica	2
	Interesante	3	Útil	3	Divertida	3	Fácil	3	Práctica	3
	Muy interesante	4	Muy útil	4	Muy divertida	4	Muy fácil	4	Muy práctica	4
Ciencias sociales	()		()		()		()		()	
Lengua castellana	()		()		()		()		()	
Inglés	()		()		()		()		()	
Biología y Geología	()		()		()		()		()	
Música	()		()		()		()		()	
Física y Química	()		()		()		()		()	
Tecnología	()		()		()		()		()	
Matemáticas	()		()		()		()		()	
Educación física	()		()		()		()		()	
E. Plástica y visual	()		()		()		()		()	

5. Valora (de 0 a 10) tu interés por las siguientes prácticas metodológicas utilizadas en las asignaturas científicas y tecnológicas: [0=valoración muy negativa...10=valoración muy positiva]

Prácticas de laboratorio		Trabajos de taller		Explicaciones teóricas	
Visitas a fábricas, museos...		Uso de juegos y juguetes		Problemas numéricos	
Videos educativos		Comentario de noticias		Tertulias / debates	
Experiencias demostrativas		Trabajos de investigación		Elaboración de murales	
Uso de aplicaciones informáticas (ordenadores)				Rol-playing (simulación de situaciones)	

6. Sugiere otras actividades que, a tu parecer, harían más interesantes las asignaturas científicas y tecnológicas.....

- **Cuestión 1**

CORRESPONDENCIA CON:

Subhipótesis E1

La primera cuestión analiza la valoración global sobre el interés que ha despertado en el alumnado la enseñanza de las materias científicas y tecnológicas. La pregunta resulta indiscriminada, ya que no pretende sacar a la luz los motivos de la respuesta, ni tampoco hace distinciones entre las diferentes disciplinas científicas y la tecnología. Se debe tener en cuenta que en el desarrollo del cuestionario, como se verá, se pretende matizar esta respuesta global. Por el momento, obtendremos un indicador general calculando la media de las valoraciones de los estudiantes:

Id23 = valor medio de las puntuaciones de los alumnos en pregunta 1

Los valores altos del indicador resultarán contrarios a la hipótesis.

- **Cuestión 2**

CORRESPONDENCIA CON:

Subhipótesis E2

En esta cuestión se solicita la valoración de diferentes aspectos motivacionales. En el capítulo destinado a la fundamentación de la hipótesis se trataron las diferencias y características de las motivaciones extrínsecas e intrínsecas. Como se vio, las motivaciones intrínsecas son valoradas muy positivamente como motor eficaz del aprendizaje, quedando cuestionadas en muchos aspectos las motivaciones extrínsecas y la conveniencia de su potenciación.

Por otra parte, la intención de esta cuestión es desvelar el grado de motivación que los estudiantes tienen hacia los estudios en general, asumiéndose el resultado como válido también para las materias científicas en particular.

blanco. Por ello, se considerará, en principio, ambas preguntas como una sola, no descartándose una posible separación posterior. Se considerará que queda confirmada la hipótesis por la aparición de respuestas relacionadas con los elementos propuestos durante la operativización de la hipótesis, esto es, elementos de ciencia recreativa (juegos, juguetes, productos tecno-científicos y pequeñas experiencias). Dado que en muchos casos los alumnos desconocen el correcto uso de determinados términos y tecnicismos, deberemos ampliar el grado de aceptación de las respuestas positivas, incluyendo en el cómputo de propuestas favorables a la confirmación de la hipótesis todas aquellas que, de un modo u otro, hagan referencia al carácter aburrido de la ciencia. De hecho, se espera encontrar muchas respuestas del tipo “hacer las clases más divertidas”, “más entretenidas”, “que sean menos aburridas”, etc., que aunque no hacen referencia concreta a elementos recreativos, son, obviamente, respuestas concordantes con nuestros planteamientos. Al conjunto de todas las propuestas así obtenidas le podemos denominar *respuestas recreativas*. Con todo, podemos definir el siguiente indicador:

$$I25 = (\text{n}^\circ \text{ de respuestas recreativas} / \text{n}^\circ \text{ total de respuestas propuestas en cuestiones 3 y 6}) \cdot 100$$

Lógicamente, cuanto mayor sea el valor del indicador, se verá más reforzada la validez de la subhipótesis.

- **Cuestión 4** CORRESPONDENCIA CON:
Subhipótesis E1, E2, E3, E4 y E5

En la cuarta cuestión se recoge bastante información, ya que consiste en una pregunta múltiple, donde se solicita la valoración de cinco

aspectos (interés, utilidad, diversión, dificultad y carácter práctico) de la mayoría de asignaturas que componen el currículo de 3º y 4º de ESO. La escala se fuerza a cuatro valores, dos *negativos* y dos *positivos*, evitándose así la tendencia a calificar con un valor medio. En muchos casos, los cuestionarios que realizan los alumnos contienen preguntas valorativas de aspectos excesivamente concretos y ceñidos a una sola asignatura o un área del currículo; las preguntas acerca de un determinado contenido conceptual, o de una técnica metodológica, o incluso preguntas globales acerca de las clases de ciencia, no tienen en cuenta la valoración del resto de las materias. A pesar del refrán de que «todas las comparaciones son odiosas», este trabajo pretende sacar a luz no sólo la opinión de los alumnos sobre las clases de ciencias y tecnología, sino la posición que ocupan éstas respecto al resto de asignaturas. Si, por ejemplo, los alumnos tuvieran que poner nota a las clases de ciencias y la nota obtenida fuera un seis, podría no ser valorado de igual manera al saber que el resto de materias ha obtenido como mucho un cuatro, que si nos informan de que la nota mínima de cualquier otra materia es un nueve. Esta *presumible* distinta valoración justifica el hecho de que se haya solicitado una valoración de 10 asignaturas (11 en el caso de comunidades autónomas con lengua propia). Esta *comparativa* sólo aparece explícita en los aspectos E4 y E5 de la subhipótesis, no obstante, reflejaremos los resultados obtenidos para todos los aspectos de la subhipótesis en los que tenga cabida dicha comparación.

Dada la multiplicidad de aspectos evaluados en esta cuestión, podemos definir diferentes indicadores y obtener correspondencias con distintos aspectos de la subhipótesis. Además, ya que en la valoración de los alumnos el valor 1 siempre coincide con la visión más *negativa* del aspecto tratado y el 4 con la más positiva, podremos considerar equiparables todos los aspectos evaluados y, así,

obtendremos el primer indicador, con el que se muestra una valoración global (los cinco aspectos definidos) de las asignaturas de ciencia y tecnología. Lo definimos como:

Id26¹ = media de los valores de los cinco aspectos de *Biología y Geología*

Id26² = media de los valores de los cinco aspectos de *Física y Química*

Id26³ = media de los valores de los cinco aspectos de *Tecnología*

Cuanto mayor sean los valores de los Id26, más refutado se verá el aspecto E1 de la subhipótesis.

Según nuestro planteamiento comparativo con el resto de materias, cuya consideración puede entenderse, según gustos, como más o menos oportuna, podemos obtener los correspondientes Id26⁴, Id26⁵, Id26⁶, etc., y establecer un ranking de asignaturas. Obviamente, cuanto peor sea la posición de las asignaturas de ciencias y tecnología en dicho ranking, más validada quedará la parte E1 de la subhipótesis.

Por otra parte, si prestamos atención al análisis de los aspectos “aburrida-divertida” e “interesante-sin interés”, entroncamos directamente con la suposición E2 de la subhipótesis. Una vez más, obtendremos valores concretos otorgados a los mencionados aspectos, que pueden utilizarse directamente o como referencia para confeccionar un nuevo ranking de asignaturas. Así, para la validación del aspecto E2 definimos los siguientes indicadores:

Id27¹ = media de los valores otorgados al ítem *interesante-sin interés* de *Biología y Geología*

Id27² = media de los valores otorgados al ítem *interesante-sin interés* de *Física y Química*

Id27³ = media de los valores otorgados al ítem *interesante-sin interés* de *Tecnología*

Y del mismo modo, definimos:

Id28¹ = media de los valores otorgados al ítem *divertida-aburrida* de *Biología y Geología*

Id28² = media de los valores otorgados al ítem *divertida-aburrida* de *Física y Química*

Id28³ = media de los valores otorgados al ítem *divertida-aburrida* de *Tecnología*

Análogamente al apartado anterior, la subhipótesis quedará tanto más refutada cuanto mayores sean los valores de Id27 e Id28.

Asimismo, igual que se hizo con el indicador Id26, se podrían establecer los indicadores Id27⁴, Id27⁵, Id28⁶, etc. y los Id28⁴, Id28⁵, Id28⁶, etc., para el resto de las asignaturas y posicionar las tres materias consideradas en los correspondientes ranking, quedando nuevamente más validada la subhipótesis cuanto peor sea la posición en éstos de las materias científico-técnicas.

El mismo tipo de análisis se realiza para la validación del aspecto E3 de la subhipótesis, en el que se postula el poco reconocimiento por parte de los alumnos de la participación de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Para ello, se observa el ítem del cuestionario que pide valoración sobre *utilidad-inutilidad*. En caso de confirmarse la hipótesis, no dejaría de resultar paradójico que los alumnos consideren a la ciencia y la tecnología poco útiles, máxime teniendo en cuenta los

numerosos comentarios, especialmente en medios de comunicación, acerca del momento de notable avance en la investigación científica y el desarrollo tecnológico en el que se encuentra la sociedad actual.

En definitiva, y de un modo similar a apartados anteriores, definiremos:

Id29¹ = media de los valores otorgados al ítem *útil-inútil* de *Biología* y *Geología*

Id29² = media de los valores otorgados al ítem *útil-inútil* de *Física* y *Química*

Id29³ = media de los valores otorgados al ítem *útil-inútil* de *Tecnología*

Y, al igual que en los indicadores anteriores, los correspondientes, Id29⁴, Id29⁵, Id29⁶, etc., para el resto de las asignaturas, posicionando de nuevo las materias consideradas en el correspondiente ranking. Dado que, como ya se ha comentado, las valoraciones siempre tienen la misma tendencia (valoraciones altas de los alumnos coinciden con aspectos contrarios a la hipótesis) una vez más, la subhipótesis quedará tanto más validada cuanto más bajos sean los valores de Id29 y con una peor posición en el ranking de asignaturas.

El mismo procedimiento se sigue para la validación del aspecto E4, atendiendo en esta ocasión a las dualidades “difícil-fácil” y “teórica-práctica”. Así, tenemos los siguientes indicadores:

Id30¹ = media de los valores otorgados al ítem *fácil-difícil* de *Biología* y *Geología*

Id30² = media de los valores otorgados al ítem *fácil-difícil* de *Física* y *Química*

Id30³ = media de los valores otorgados al ítem *fácil-difícil* de *Tecnología*

y,

Id31¹ = media de los valores otorgados al ítem *teórica-práctica* de *Biología y Geología*

Id31² = media de los valores otorgados al ítem *teórica-práctica* de *Física y Química*

Id31³ = media de los valores otorgados al ítem *teórica-práctica* de *Tecnología*

Y, por supuesto, los correspondientes Id30⁴, Id30⁵, Id30⁶, etc. y los Id31⁴, Id31⁵, Id31⁶, etc., para el resto de las asignaturas.

Igual que en los casos anteriores, valores altos de los indicadores Id30 e Id31 y posiciones elevadas en el ranking, son contrarios a la subhipótesis.

Hasta el momento, se ha considerado la *Tecnología* dentro del mismo grupo que conforman las materias científicas, pero como se puede extraer del propio enunciado del aspecto E5 de la subhipótesis, hay ciertas características de esta área que hacen suponer la existencia de sustanciales diferencias entre ella y el área de *Ciencias de la Naturaleza*: un enfoque más activo, con muchas horas de taller; un enfoque más práctico, etc. A pesar de que a nivel de I+D+i cada vez hay menos diferencias entre Ciencia y Tecnología, hasta el punto de que se puede hablar de tecno-ciencia, lo cierto es que a nivel educativo éstas son muy grandes y que es necesario tender puentes entre ellas, siendo uno de ellos la inclusión en la educación de

aspectos de relaciones CTS [Acevedo 1998, Ríos y Solbes 2003, Solbes 2003].

Escapa a las intenciones de este trabajo cualquier disertación al respecto, pero sí se han introducido, de manera deliberada, *subindicadores* diferentes para *Física y Química, Biología y Geología y Tecnología*, utilizándose los aspectos evaluados por separado para, en su caso, constatar las diferencias y validar la subhipótesis en su aspecto E5.

Valores dispares de los subindicadores definidos resultarán favorables a la validación de la hipótesis, tanto más cuanto mayor sea la disparidad.

A pesar de no haberse enunciado ninguna hipótesis más al respecto de las diferencias entre ciencia y tecnología, se procurará extraer conclusiones pertinentes atendiendo a los diferentes ranking establecidos a lo largo de este punto.

- **Cuestión 5** CORRESPONDENCIA CON:
Subhipótesis E6

La cuestión 5, presenta una parrilla idéntica a la que se mostraba en la cuestiones 1 y 2 del cuestionario realizado con profesores. A diferencia de aquél, en este caso la subhipótesis hace referencia a la preferencia del alumnado por actividades *distintas* de las clásicas exposiciones teóricas y problemas numéricos. Además, se supone que los alumnos mostrarán mayor interés por aquellas prácticas metodológicas que tengan un carácter lúdico. En este último detalle, valores relativamente bajos podrán justificarse basándose en el hecho de que muchos alumnos llegarán incluso a desconocer algunos de los recursos planteados, dejando su casilla correspondiente sin valoración,

o asignándole un valor relativamente arbitrario. Así pues, se prestará especial atención a las casillas correspondientes a los recursos mencionados, definiendo cuatro nuevos indicadores:

Id32 = valor medio asignado al apartado de explicaciones teóricas

Id33 = valor medio asignado al apartado de problemas numéricos

Id34 = valor medio asignado al apartado de uso de juegos y juguetes

Id35 = valor medio asignado al apartado de experiencias demostrativas

De manera análoga a como hicimos con los aspectos relativos a las diferentes materias del currículo, se puede generar un ranking de valores medios con todas las prácticas metodológicas de la parrilla y observar la posición que en él ocupan los elementos mencionados. Lógicamente, valores elevados de los Id32 e Id33 y posiciones altas de dichas metodologías en el ranking, y valores bajos de Id34 e Id35 y posiciones bajas en el ranking, resultarán contrarios a la hipótesis.

Igual que en los apartados anteriores, a modo de resumen, se muestra un cuadro aclaratorio que relaciona las cuestiones con sus correspondientes aspectos de la subhipótesis (Tabla 7).

Tabla 7. Cuadro de relación cuestión – aspecto subhipótesis.							
Aspecto subhipótesis	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Cuestión nº							
1	•						
2		•					
3							•
4	•	•	•	•	•		
5						•	
6							•

4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA PRIMERA HIPÓTESIS

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos al aplicar los instrumentos cuyo diseño ha sido pormenorizado en el apartado anterior. Estos resultados nos permitirán validar la hipótesis desde una aproximación múltiple, fundamentada en la formulación de subhipótesis asociadas a la hipótesis principal, que en su momento quedó formulada como:

El uso de juegos, juguetes y pequeñas experiencias recreativas no es tenido en cuenta suficientemente en la actual enseñanza de las ciencias y la tecnología, lo cual puede generar una imagen de ellas como algo aburrido y contribuir a la desmotivación del alumnado.

Como se ha visto, dichas subhipótesis pueden dividirse en tres grandes bloques, en función del instrumento de análisis empleado para su verificación: i) libros de texto, ii) opiniones de profesorado en formación, y iii) opiniones del alumnado.

4.1. LIBROS DE TEXTO

Con la red diseñada al efecto se han analizado 30 libros de texto (15 de *Física y Química* y 15 de *Tecnología*), todos ellos pertenecientes a niveles de 3º y 4º de ESO (ver Anexo 1). Para la validación de las subhipótesis cuyo enunciado recordamos:

Los libros de texto pertenecientes a los niveles educativos de tercero y cuarto de ESO de las áreas de Ciencias de la Naturaleza, concretamente de Física y Química, y de Tecnología, desvelarán una escasa atención prestada a la ciencia recreativa como recurso metodológico motivador para el aprendizaje de las ciencias y la tecnología

se establecieron determinados *indicadores*, extraídos a partir de los resultados obtenidos con dicha red. Ya se ha comentado que es de esperar la existencia de diferencias entre las dos Áreas analizadas, escapándose a las intenciones de este trabajo el análisis profundo de esta situación. No obstante y, a pesar de que los indicadores no hacen distinciones tal y como se han planteado, se ha considerado oportuno mostrar los resultados de manera separada para *Física y Química* y para *Tecnología*. Se introducirán comentarios y observaciones a este respecto, de manera puntual, si los resultados lo exigen.

Tabla 8. Recuentos totales de elementos de ciencia recreativa en libros de texto (N=30).

Ítem	FQ 3º	FQ 4º	TEC 3º	TEC 4º
1a (juegos localizados en el texto)	3	19	10	8
1b (juguetes localizados en el texto)	13	16	28	8
1c (productos tecno-científicos localizados en el texto)	19	9	8	8
1d (pequeñas experiencias recreativas localizadas en el texto)	57	39	4	1
1e (deportes localizados en el texto)	16	91	11	8
2 ^a (elementos encontrados en apartados separados)	35	92	47	25
2b (elementos encontrados en la introducción de un tema o concepto)	9	9	4	2
2c (elementos integrados en el desarrollo del tema)	65	73	10	6

- (tabla 8. cont.)

2d	(imágenes comentadas)	20	38	16	9
2e	(imágenes sin comentarios)	70	81	34	17
2f	(actividades propuestas)	44	73	30	14
3a	(elementos sólo nombrados)	48	130	41	20
3b	(elementos descritos)	60	44	20	13
3c	(actividades propuestas para realizar fuera del centro)	10	8	1	1
3d	(actividades propuestas para realizar en el centro)	34	19	18	8
3e	(actividades propuestas como ejercicios de cálculo numérico)	2	38	4	0
3f	(actividades propuestas como pequeñas investigaciones guiadas)	5	0	0	0
3g	(cuestiones acerca de su funcionamiento o principio físico-químico)	35	68	4	5
4a	(elementos utilizados como introducción de temas o conceptos)	4	3	0	1
4b	(elementos utilizados para mera observación)	18	43	18	9
4c	(elementos utilizados como ilustración o contextualización)	48	64	37	19
4d	(elementos utilizados para explorar las ideas del alumno)	35	49	7	4
4e	(elementos utilizados para la creación de conflictos conceptuales)	5	8	0	1
Páginas (nº total de páginas del texto)		1313	1693	1826	1488
Imágenes (nº total de imágenes del texto)		1646	1838	2748	1802
Actividades (nº total de actividades del texto)		2678	3662	2273	1619

Según lo previsto, la tabla 8 muestra los recuentos totales obtenidos al aplicar la red a los 30 libros. Además de la comentada separación entre áreas, también se ha estimado oportuno mostrar los datos separados en los dos niveles educativos analizados. Tampoco compete a este trabajo las diferencias entre uno y otro que, como ya se apuntó, vienen marcadas por varios factores, destacándose la voluntariedad de elección de estas materias en 4º curso.

Como se ve, la tabla 8 expone los recuentos de cada ítem de la red, aprovechando estos valores para el cálculo de los indicadores de

validez definidos en el capítulo anterior. Dichos indicadores han sido igualmente calculados en bloques según asignaturas y cursos. Los datos obtenidos se exponen en el Anexo 2, recogiendo en la tabla 9 los resultados agrupados por áreas. La *t* de *Student* admite, en prácticamente todos los casos, una agrupación de cursos, pero existen diferencias significativas entre *Tecnología* y *Física* y *Química*, que fuerzan a un análisis por separado en la mayoría de los indicadores y así se ha realizado, como se verá posteriormente

Tabla 9. Resultados por áreas y niveles de los indicadores de validez definidos

Indicadores de validez		FQ (3º+4º)	TEC (3º+4º)
Id1	(nº total de elementos / nº total páginas de libro) · 100	9,42	2,94
Id2	T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + (T6, Tecno) (T _i = % aparición elementos recreativos pertenecientes a la mitad de los temas con mayor presencia de éstos)	76,24	72,04
Id3	(nº de elementos integrados en el tema / nº total de elementos) · 100	49,15	23,27
Id4	(nº de apariciones al principio, final o margen del tema / nº total de elementos) · 100	40,08	69,46
Id5	(nº de imágenes de “ciencia recreativa” / nº total de imágenes) · 100	6,16	1,61
Id6	(nº de imágenes de ciencia recreativa comentadas / nº imágenes de ciencia recreativa) · 100	70,70	64,47
Id7	(nº de imágenes de ciencia recreativa sin comentar / nº imágenes de ciencia recreativa) · 100	29,30	35,54
Id8	(nº actividades de “ciencia recreativa” / nº total de actividades) · 100	1,79	1,42
Id9	(nº elementos nombrados / nº total elementos) · 100	60,79	65,18
Id10	(nº elementos descritos / nº total elementos) · 100	39,22	34,83
Id11	(nº actividades para realizar en el centro / nº total actividades recreativas) · 100	64,52	54,69
Id12	(nº actividades para realizar fuera del centro / nº total actividades recreativas) · 100	15,84	5,14
Id13¹	(nº pequeñas investigaciones guiadas / nº total elementos) · 100	1,97	0,00
Id13²	(nº de ejercicios de cálculo / nº total elementos) · 100	12,26	2,43
Id14	(nº elementos “superfluos” / nº total elementos) · 100	22,30	32,56
Id15	(nº elementos “valiosos” / nº total elementos) · 100	30,86	14,14

Para el análisis de la validez de la primera subhipótesis (A), se procederá verificando o refutando los diferentes aspectos detallados en el apartado anterior, utilizando los valores de los indicadores correspondientes y, en su caso, los valores obtenidos en los recuentos.

- Aspecto L1

Como se recordará, este aspecto evaluaba la presencia de elementos de ciencia recreativa en los libros de texto. Para ello, se definió el Id1, como:

$$\text{Id1} = (\text{n}^\circ \text{ total de elementos} / \text{n}^\circ \text{ total páginas de libro}) \cdot 100$$

Los valores obtenidos para este indicador son de 9,42 y 2,94% para *Física y Química* y *Tecnología* respectivamente; en cualquier caso, en muy pocas páginas de los libros de texto podemos encontrar algún elemento de ciencia recreativa. Este valor puede ser considerado como concordante con la subhipótesis, denotando una escasa atención global a este tipo de recursos, máxime teniendo en cuenta que en algunos casos, el resultado del indicador cae hasta valores de 0,8-0,9% (véase el Anexo 3 con todos los Id de cada libro). Se observan pequeñas diferencias, no significativas, entre cursos, pero sí hay cierta diferencia entre áreas. Esto último puede deberse a que las propuestas de *Tecnología* suelen ser *de mayor envergadura*, es decir, que determinados proyectos o actividades contabilizadas como un único elemento están pensadas para su realización durante un elevado número de sesiones lectivas.

- Aspecto L2

Este aspecto de la subhipótesis evalúa la presencia de recursos gráficos utilizados en la introducción de elementos recreativos.

Concretamente, se observaba la proporción de imágenes de ciencia recreativa en el total de imágenes, según el indicador:

$$\mathbf{Id5} = (\text{n}^\circ \text{ de imágenes de ciencia recreativa} / \text{n}^\circ \text{ total de imágenes}) \cdot 100$$

Los valores obtenidos son de 6,16 y 1,61%, lo que confirma la proposición de la subhipótesis. Esto, puede generar una *imagen* de la ciencia (en el sentido más literal), quizás demasiado seria y estereotipada. A pesar de honrosas excepciones con libros cuyo Id5 supera levemente el 10%, no son extraños los valores inferiores al 1%. Una vez más, se aprecian diferencias significativas entre *Física* y *Química* en relación con la *Tecnología*, atribuibles a los mismos motivos expuestos en el aspecto anterior.

- Aspecto L3

El tercer aspecto de la subhipótesis recoge la *calidad* de las imágenes de ciencia recreativa encontradas. Para ello se diferenció entre las imágenes que se presentan con algún comentario asociado y las que sólo pretenden una mera observación. Ya se disertó al respecto de lo estéril y superfluo de estas últimas, reconociéndose como altamente desaconsejable su uso. Para ello, se definieron:

$$\mathbf{Id6} = (\text{n}^\circ \text{ de imágenes de ciencia recreativa comentadas} / \text{n}^\circ \text{ imágenes de ciencia recreativa}) \cdot 100$$

$$\mathbf{Id7} = (\text{n}^\circ \text{ de imágenes de ciencia recreativa sin comentar} / \text{n}^\circ \text{ imágenes de ciencia recreativa}) \cdot 100$$

Los valores obtenidos (para *Física* y *Química* / *Tecnología*) son de 70,70 / 64,47% y 29,30 / 35,54% respectivamente. A pesar de ser valores que en principio parecen contrarios a la hipótesis, en realidad se trata de valores calculados sobre un 6,16 / 1,61%, es decir, entre un

1 y un 5% son imágenes con valor educativo real. Por otra parte, es destacable el hecho de que aproximadamente un 30% de las mismas no tengan *ningún* tipo de comentario. Se recuerda en este punto que el criterio de asignación fue absolutamente *generoso*, clasificando cualquier imagen que tuviera una sola palabra asociada como *imagen comentada*. Teniendo en cuenta esto, los valores obtenidos en absoluto refutan la hipótesis, sino más bien lo contrario, ya que casi un tercio puede considerarse *una buena parte* de las imágenes. No se encuentran razones convincentes que justifiquen la presencia de este tipo de gráficos, incluidos de manera, podríamos decir, *gratuita* en los libros de texto.

- Aspecto L4

En este punto, se postuló la escasa presencia de actividades “recreativas” en los libros de texto. Para ello, se definió el indicador:

$$\mathbf{Id8} = (\text{n}^\circ \text{ actividades de } \textit{ciencia recreativa} / \text{n}^\circ \text{ total de actividades}) \cdot 100$$

El valor obtenido para este indicador es de 1,61%, lo cual verifica la suposición. Ya se discutió la potente herramienta educativa que suponen las actividades propuestas por los libros de texto y parece evidente que éstos *no tienen suficientemente en cuenta* el uso de elementos de ciencia recreativa a la hora de programar actividades. La inexistencia en muchos casos de actividades recreativas es un factor clave a la hora de justificar la visión de la ciencia por parte del alumnado como algo aburrido así como su posible desmotivación. Escapa a las pretensiones de este trabajo el establecimiento de correlaciones precisas entre esto y las opiniones personales de los alumnos, pero parece incuestionable que si ninguna actividad planteada resulta *entretendida*, la imagen que el alumnado tendrá de las

clases de ciencias será, indiscutiblemente, *aburrida*. Vale la pena mencionar que el promedio de actividades propuestas es de 341 actividades por libro y que hay varios ejemplares con $Id8 = 0\%$ (ver Anexo 3).

- Aspecto L5

En este aspecto se atiende al lugar que ocupan los elementos de ciencia recreativa presentes en los libros analizados. Ya se vio que la clasificación diferenciaba entre los que aparecían integrados en el tema, los que lo hacían al principio, final, márgenes, etc. Y los que aparecían como introducción de un tema o concepto. Estos últimos resultaban *neutros*, y para los otros se definió:

$$Id3 = (\text{n}^\circ \text{ de elementos integrados en el tema} / \text{n}^\circ \text{ total de elementos}) \cdot 100$$

$$Id4 = (\text{n}^\circ \text{ de apariciones al principio, final o margen del tema} / \text{n}^\circ \text{ total de elementos}) \cdot 100$$

Los resultados obtenidos (para *Física y Química / Tecnología*) son de 49,15 / 23,27% y 40,08 / 69,46%, respectivamente. Estos resultados son obviamente concordantes con la hipótesis, ya que la mayoría de los elementos recreativos aparecen en lugares de poco *impacto*, de poca *incidencia*. No obstante, quizás aquí sí valga la pena mencionar diferencias sustanciales entre la *Física y Química* y la *Tecnología*, ya que es esta última la que aporta mayor peso a los valores obtenidos. De hecho, la media obtenida para *Física y Química* invierte la tendencia, y se observa que en la mayoría de los casos los elementos se encuentran integrados en el desarrollo de los temas. No obstante, una observación detallada nos muestra que esto sólo ocurre en 3º de ESO, mientras que en 4º, los porcentajes son muy parejos. A pesar de todo, y en el peor de los casos, la hipótesis proponía un *porcentaje*

elevado de elementos no integrados en el tema, y en cualquier caso así es. Este elevado porcentaje confirma que, en el caso de utilizarse elementos de ciencia recreativa, éstos son escasamente aprovechados, ya que no forman parte del desarrollo del tema en cuestión, sino que son utilizados de manera lateral o *tangencial*.

- Aspecto L6

Para obtener una confirmación mayor del aspecto anterior, en el que se postuló el tratamiento superficial de los elementos de ciencia recreativa, se planteó un nuevo aspecto de la subhipótesis redundado en dicha cualidad de los elementos encontrados. En un ejemplo de la mencionada aproximación multilateral se incluyó en la red una diferenciación entre los elementos que aparecían descritos con cierto detalle y los que no, prediciéndose la aparición mayoritaria de elementos *marginales* (o, como se ha expresado anteriormente, *tangenciales*), cuya inclusión carece de relevancia, desperdiándose el valor educativo que poseen. Esta diferenciación se concretó al establecer dos nuevos indicadores:

$$\mathbf{Id9} = (\text{n}^\circ \text{ elementos nombrados} / \text{n}^\circ \text{ total elementos}) \cdot 100$$

$$\mathbf{Id10} = (\text{n}^\circ \text{ elementos descritos} / \text{n}^\circ \text{ total elementos}) \cdot 100$$

Los valores obtenidos en estos indicadores no dejan lugar a dudas, ya que un 60–65% y un 35–40% respectivamente confirman la validez de la suposición inicial. Además, estos datos disipan las pequeñas dudas que pudieron crearse en el aspecto L5, ya que en este caso los datos son muy similares en las dos asignaturas evaluadas.

- Aspecto L7

Una vez más, se estableció un aspecto de la subhipótesis que hace referencia a la calidad educativa de los elementos encontrados. En este

caso, las actividades recreativas propuestas se diferenciaron entre las que se preveía su realización en el centro educativo y las que se proponía explícitamente una realización fuera de él. A la hora de generar los recuentos, hubieron de obviarse algunas de las actividades, puesto que no en todas ellas quedaba claramente reflejado el lugar en el que deberían realizarse. Los indicadores generados de esta diferenciación fueron:

Id11 = (nº actividades para realizar en el centro / nº total actividades recreativas) · 100

Id12 = (nº actividades para realizar fuera del centro / nº total actividades recreativas) · 100

Los valores obtenidos son de un 55–65% y un 5–15% respectivamente. Se observa que la mayoría de actividades propuestas están pensadas para llevarse a cabo en el centro educativo y sólo un pequeño porcentaje prevé su realización fuera del centro. Ya se comentó el especial valor que tienen las actividades cuya realización supera los límites del centro educativo y, con los datos extraídos, se refuerza la validez de la subhipótesis. Cabe destacar en este punto que la mayoría de los elementos de ciencia recreativa encontrados en la bibliografía específica pueden entenderse como actividades fácilmente realizables en un entorno extraescolar, e incluso, en muchos libros de ciencia recreativa éste es el fin último que se persigue. Son numerosos los prólogos en los que los autores proponen estos *ejercicios* para ser realizados en compañía de amigos y familiares para entretenerse aprendiendo (o aprender entreteniéndose). A pesar de ello, y, como era de esperar, los libros de texto no recogen este *espíritu* en sus planteamientos, malográndose el elemento motivador que estas situaciones pueden aportar (quizás debido a la escasa predisposición

de los alumnos de la ESO a realizar actividades fuera del centro, concretamente en casa, sin la supervisión o dirección del profesor).

- Aspecto L8

Ahondando más aún en el tratamiento que los libros de texto dan a los elementos de ciencia recreativa, se definió este aspecto postulándose que, en ocasiones, dichos elementos asignarían al alumnado un carácter de mero observador. Ya se ha visto con anterioridad un análisis similar para el caso de las imágenes. En este caso, se tienen también en cuenta títulos, datos numéricos, así como cualquier otro elemento susceptible de ser contabilizado y que no lleva asociado ningún tipo de *intención educativa*. Se definió el indicador evaluador como:

$$\mathbf{Id14} = (\text{n}^\circ \text{ elementos } \textit{superfluos} / \text{n}^\circ \text{ total elementos}) \cdot 100$$

El valor obtenido es de un 27,43%. Como se observa, más de la cuarta parte de los elementos recreativos, no pretenden absolutamente *nada*, es decir, son meros elementos poco más que *decorativos*. Al igual que se comentó con los gráficos, la inclusión *gratuita* de estos elementos es concordante con la proposición de la hipótesis ya que supone la asunción de que «no son tenidos en cuenta», al ser tratados sin ningún tipo de atención. Del mismo modo, podría resultar interesante el estudio del efecto que dicha inclusión, absolutamente superflua, tiene en el alumnado, pero obviamente dicho estudio escapa a los objetivos de este trabajo. No obstante, sí parece oportuno reflexionar acerca de la impresión que estos elementos han provocado en los autores de esta investigación ya que, en ocasiones, parece que los libros de texto tuvieran la necesidad de incorporar estos elementos (especialmente los deportes) por algún tipo de *imperativo legal o editorial desconocido*, y los autores no hayan sabido, o no hayan querido, aprovechar dicha

incorporación para extraer todo el potencial motivador que indiscutiblemente lleva asociado este tipo de recursos.

- Aspecto L9

En un paso más en la tarea de elucidar las intenciones educativas que los autores de los libros de texto expresan con los elementos de ciencia recreativa, se postuló que dichos elementos rara vez se verían tratados con metodologías de elevado valor educativo, definiéndose tres indicadores al respecto:

$$\mathbf{Id13^1} = (\text{n}^\circ \text{pequeñas investigaciones guiadas} / \text{n}^\circ \text{total elementos}) \cdot 100$$

$$\mathbf{Id13^2} = (\text{n}^\circ \text{de ejercicios de cálculo} / \text{n}^\circ \text{total elementos}) \cdot 100$$

$$\mathbf{Id15} = (\text{n}^\circ \text{elementos } \textit{valiosos} / \text{n}^\circ \text{total elementos}) \cdot 100$$

En los dos primeros (en realidad son *dos caras de la misma moneda* y por ello se han etiquetado ambos como Id13), se atienden a dos modos distintos, educativamente hablando, de introducir un elemento recreativo. El tercero, mucho más global, hace referencia a los objetivos últimos pretendidos por los autores a la hora de incluir un elemento recreativo. Los valores no son contrarios a los postulados de la hipótesis, obteniéndose un 0,99%, un 7,35% y un 22,5% respectivamente.

En el planteamiento de la subhipótesis se discutió el esperado valor bajo de Id13¹, como así ha sido. No obstante, y aparentemente, contradiciendo lo propuesto, el valor de Id13² resulta ser también bastante bajo. El hecho de que los ejercicios de cálculo *al uso* resulten de escaso valor educativo ya ha sido fundamentado con anterioridad [Furió *et al.* 1994]. El porcentaje obtenido debe entenderse como

adicional a todos aquellos obtenidos en los indicadores que hacen referencia a un modo obsoleto de introducción de elementos de ciencia recreativa. Entendido así, cualquier porcentaje distinto de cero no hace sino incrementar la validez de la hipótesis, ya que hemos visto cómo muchos elementos son introducidos en forma de imágenes sin sentido, actividades sin interés u otro tipo de inclusiones, que no plantean sino una mera observación.

Por último, el indicador Id15, mucho más global, refleja una vez más que son escasos los elementos introducidos con un tratamiento educativo valioso (es decir, elementos cuyo objetivo es la creación de conflictos conceptuales o la exploración de las ideas de los alumnos), tal y como había sido propuesto en la hipótesis.

- Aspecto L10

Ya se ha comentado la disparidad en el uso de los elementos de ciencia recreativa, atendiendo al tema en el que están incluidos. Esta diferencia, es atribuible a la relativa sencillez y tradición en su uso, en relación con determinados bloques de contenidos del currículo. Esta tendencia denota una pobre reflexión por parte de los autores de los libros de texto a la hora de incorporar estos elementos, haciéndolo más por comodidad o inercia, que por una intencionada y meditada decisión, lo cual merma considerablemente el potencial motivador y estimulador del aprendizaje que estos elementos llevan asociado. Por ello, se definió:

$$\mathbf{Id2} = T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + (T6, \textit{Tecnología})$$

Los respectivos T1, T2, T3, T4, T5 y T6 representan los porcentajes de aparición de elementos recreativos pertenecientes a los temas con mayor presencia de éstos. Teniendo en cuenta la división en 10 y 12

temas (para *Física y Química* y para *Tecnología*, respectivamente), la suma porcentual de la mitad de ellos da, sin lugar a dudas, una idea de la desproporción comentada. En este caso, no se ha estimado oportuno reflejar los datos de los cursos separados, ya que hay temas que sólo se imparten en uno de los dos cursos evaluados.

Los resultados son 76,24% y 72,04%, respectivamente, con una media de ambos de 74,14%, demostrándose que la suposición era correcta. Prácticamente las tres cuartas de los elementos aparecen concentradas en la mitad de los temas. Quizás en este punto merezca la pena realizar un análisis un tanto más profundo de los datos obtenidos, ya que la diferencia de tratamiento por curso hace que los valores puedan sufrir fluctuaciones y ser objetos de interpretaciones erróneas. Así pues, veamos detenidamente los datos obtenidos en la tabla 10, en la que se muestran, para cada curso y materia en particular, los porcentajes acumulados de cada tema, ordenados según el criterio establecido de máxima aparición. Hay que tener en cuenta que, por ejemplo, en 3º de ESO de *Física y Química*, sólo aparecen recuentos en 7 temas.

Tabla 10. Porcentajes de la presencia de elementos recreativos en los temas con mayor número de ellos.

	% T1	% T1+T2	%T1+T2 +T3	% AcumT4	% AcumT5	% AcumT6
FQ 3º	37,96	63,89	75,93	85,19	91,67	-
FQ 4º	27,59	48,25	71,26	83,33	89,08	-
Tec 3º	23,33	40,00	51,67	60,00	68,33	75,00
Tec 4º	24,24	36,36	48,48	60,61	69,70	78,79

En esta tabla 10 se aprecia cómo un solo tema acumula porcentajes considerables, y como dos temas pueden suponer más de la mitad de los elementos encontrados. Los temas que mayor número de referencias contienen son, como era de esperar, la dinámica y la cinemática en *Física y Química*, y automatismos y robótica y tecnologías de la comunicación en *Tecnología*.

Así pues, y tras el análisis detallado de todos los aspectos de la subhipótesis referente a los libros de texto, se puede considerar ésta validada ya que queda demostrada la escasa presencia de elementos de ciencia recreativa, y cuando los hay, éstos son utilizados de manera ineficaz, desaprovechando su potencial como recurso metodológico motivador. En conclusión, los libros de texto *no tienen suficientemente en cuenta* este tipo de elementos y, dada la influencia de estos materiales en la habitual labor docente, esta ausencia puede provocar en el alumnado una visión deformada de la ciencia y la tecnología, como disciplinas aburridas y poco interesantes, como trataremos de demostrar en los siguientes puntos.

4.2. PROFESORADO EN FORMACIÓN

Como se vio en el apartado destinado a la operativización de la hipótesis, los profesores en formación presentan ciertas características que hacen de ellos un grupo *especial*. Una de esas características hace referencia a su dualidad docente-estudiante, debido a su reciente etapa estudiantil y a su inminente (si no actual) dedicación a la docencia. Por ello, se propuso una subhipótesis basada en esta *ambivalencia*, que recordamos:

Los profesores en formación reconocerán el escaso uso de juegos, juguetes y experiencias recreativas durante su etapa de formación

académica, pese a encontrar en ellos un interesante recurso metodológico para su futura práctica docente.

Al igual que en el punto anterior, se diseñó un instrumento capaz de contrastar la validez de esta subhipótesis, consistente en un cuestionario compuesto de tres preguntas mediante las cuales se evaluarían los distintos aspectos particulares de la subhipótesis.

El cuestionario diseñado fue contestado por 23 alumnos del C.A.P. para la especialidad de *Física y Química* de la Universitat de València durante el curso 2005-6. Entre ellos se encuentran licenciados en *Física, Química, Bioquímica* y varias Ingenierías.

Los resultados obtenidos, tras el procesamiento de los cuestionarios, se recogen en las tablas 11 y 12. En la Tabla 11, el primer valor es el correspondiente a la media obtenida para las respuestas de la cuestión 1 (el uso que han hecho sus profesores) y el segundo, el correspondiente a la media de las respuestas de la cuestión 2 (el interés que tendrá en su futura práctica docente), puntuadas ambas de 0 a 10.

En la Tabla 12 se recogen los recuentos (nº de veces que aparecen) de las diferentes propuestas encontradas como respuesta a la pregunta nº 3 del cuestionario, donde se solicitaba que sugirieran actividades que pudieran aumentar el interés de los alumnos por las clases de ciencias y tecnología.

Tabla 11. Promedios obtenidos en los diferentes ítems de las cuestiones 1 y 2 del cuestionario de profesores.

Elemento metodológico evaluado	Cuestión 1	Cuestión 2
Uso de aplicaciones informáticas (ordenadores)	0,41	7,23
Trabajos de taller	0,52	5,87
Rol-playing (simulación de situaciones)	0,65	6,00
Trabajos de investigación	0,83	6,39
Uso de juegos y juguetes	1,52	5,65
Elaboración de murales	1,57	5,65
Visitas a fábricas, museos...	1,65	7,22
Comentario de noticias	1,78	6,96
Videos educativos	1,83	6,57
Tertulias / debates	2,00	6,96
Experiencias demostrativas	2,00	8,39
Prácticas de laboratorio	2,78	8,22
Explicaciones teóricas	9,22	7,57
Ejercicios de cálculo numérico	9,26	7,87

Al igual que en el apartado anterior, la validez de la subhipótesis se realiza con la ayuda de una serie de indicadores basados en los resultados obtenidos, y cuyos valores se muestra en la Tabla 13.

Tabla 12. Aspectos propuestos para la aumentar el interés de los alumnos en cuestión *abierta* nº 3.

Aspectos propuestos	RECuento
Mejorar la comprensión del lenguaje y conceptos matemáticos	1
Elaborar pequeños productos tecno-científicos	1
Relatar y utilizar anécdotas curiosas de la ciencia y los científicos	1
Promover intercambios no competitivos	1

(tabla 12. cont.)

Mejorar el conocimiento de técnicas instrumentales	1
Realizar un mayor número de pequeñas experiencias demostrativas	2
Conectar con la realidad, la vida diaria, etc.	3
Promover la asistencia a conferencias, charlas, debates, etc.	3
Incrementar el número de lecturas divulgativas de la ciencia	3
Utilizar la historia de la ciencia	3

Tabla 13. Valores obtenidos en los indicadores de validez extraídos a partir del cuestionario de profesores.

INDICADORES			VALOR
Cuestión 1 <i>Uso de sus profesores</i>	Id16	<i>valor medio asignado al apartado de juegos y juguetes</i>	1,52
	Id17	<i>valor medio asignado al apartado de experiencias demostrativas</i>	2,00
	Id18	<i>valor medio asignado al apartado de explicaciones teóricas</i>	9,22
	Id19	<i>valor medio asignado al apartado de ejercicios numéricos</i>	9,26
Cuestión 2 <i>Futuros docentes</i>	Id20	<i>valor medio asignado al apartado de juegos y juguetes</i>	5,65
	Id21	<i>valor medio asignado al apartado de experiencias demostrativas</i>	8,39
Cuestión 3 <i>Propuestas</i>	Id22	<i>(nº propuestas de elementos recreativos / nº total de sugerencias recogidas) · 100</i>	21,05%

Del mismo modo, para determinar la validez de la subhipótesis correspondiente, se analizan a continuación los aspectos de la misma planteados en el capítulo anterior.

- Aspecto P1

En este aspecto se postulaba el reconocimiento por parte de los encuestados del escaso uso de elementos de ciencia recreativa por parte de sus profesores durante su etapa de estudiantes

preuniversitarios. La cuestión 1 del cuestionario recoge los datos suficientes para comprobar dicha suposición basándose en los indicadores descritos al efecto y que recordamos:

Id16 = valor medio asignado al apartado de juegos y juguetes

Id17 = valor medio asignado al apartado de experiencias demostrativas

Como se puede comprobar en la Tabla 13, los valores de ambos indicadores son extremadamente bajos, lo que implica una verificación total de este aspecto. De alguna manera, y tras el análisis de los libros de texto, se suponía la obtención de valores de este orden, ya que, como se comentó con anterioridad, al no ser tenidos en cuenta los elementos de ciencia recreativa en los libros de texto, resultaba lógico pensar que los docentes tampoco los utilizaran.

- Aspecto P2

Continuando con el razonamiento anterior, se formuló un nuevo aspecto de la subhipótesis en el que se esperaba que los profesores en formación reconocieran que las técnicas mayoritariamente empleadas por sus profesores fueron las explicaciones teóricas y los problemas de cálculo tradicionales, de las cuales ya se ha hablado sobradamente en este trabajo. Para ello, se definieron dos nuevos indicadores:

Id18 = valor medio asignado al apartado de explicaciones teóricas

Id19 = valor medio asignado al apartado de ejercicios numéricos

Los resultados obtenidos para estos indicadores se han mostrado en la tabla 13. Cabe destacar que los valores de estos dos aspectos son muy similares (9,22 y 9,26 respectivamente), pero lo realmente destacable es la diferencia con cualquier otra técnica metodológica seguida por sus docentes; la siguiente en un ranking de utilización son las

prácticas de laboratorio con un 2,78 (ver tabla 11). Resulta evidente que estas metodologías *clásicas* han sido las más utilizadas con mucha diferencia respecto al resto, lo cual confirma todos los comentarios realizados en el primer capítulo de este trabajo, y que ya han sido suficientemente estudiados por el cuerpo de conocimientos de la didáctica de las ciencias.

- Aspecto P3

Aquí se recoge la suposición de que los profesores en formación valorarán positivamente el uso de elementos de ciencia recreativa en su futura práctica docente. Para ello, se definieron dos nuevos indicadores:

Id20 = valor medio asignado al apartado de juegos y juguetes

Id21 = valor medio asignado al apartado de experiencias demostrativas

Los valores obtenidos (5,65 y 8,39) confirman el aspecto de la subhipótesis. De todos modos, parece oportuno comentar la diferencia entre ambos, que, desde otro punto de vista, supone comprobar que dichos resultados corresponden al recurso menos valorado y al más valorado respectivamente (ver tabla 11). Parece paradójico que estos dos tipos de elementos de ciencia recreativa compartan los límites inferior y superior del ranking de valoraciones, pero quizás debamos tener en cuenta el hecho de que muchos encuestados no conozcan el posible uso de los juegos y juguetes en las clases de ciencias al no haber sido utilizados en absoluto durante su etapa de estudiantes y, por ello, les resulte difícil valorar su potencial. Esta afirmación puede corroborarse al observar el resultado obtenido en Id16 y, todavía más, al comprobar que los resultados parciales muestran un 0 en la casilla

correspondiente al uso de juegos y juguetes de la cuestión 1 en más del 60% de los cuestionarios.

Así pues, y teniendo en cuenta este detalle, la subhipótesis se ve reforzada pese a que los juegos y juguetes sean uno de los recursos peor valorados para la futura práctica docente de los profesores en formación.

- Aspecto P4

El aspecto P4 de la subhipótesis hace referencia a la sugerencia explícita por parte de los profesores en formación, para utilizar elementos de ciencia recreativa como recursos metodológicos que mejorarían y harían más interesantes las clases de ciencias y tecnología. Para su evaluación, se definió el indicador de validez:

Id22 = (nº propuestas de elementos recreativos / nº total de sugerencia recogidas) · 100

Los recuentos de dichas sugerencias, planteadas en la cuestión 3 del cuestionario se recogen en la tabla 12, y se ha acordado incluir como elementos recreativos la elaboración de productos tecno-científicos, el uso de anécdotas curiosas, y la realización de pequeñas experiencias demostrativas. Otras respuestas podrían ser consideradas como elementos de ciencia recreativa (la vida cotidiana de los estudiantes incluye juegos y juguetes), pero no se han contabilizado al no quedar expresamente explicitada esta intención. Con todo, el valor del indicador (21,05%) puede entenderse como favorable a la validez de la subhipótesis, ya que supone la consideración manifiesta de estos elementos como útiles para aumentar el interés de sus alumnos en la futura práctica docente.

Tras la evaluación de los resultados, la subhipótesis queda confirmada en todos sus aspectos.

4.3. ALUMNADO

Según el planteamiento de este trabajo, las opiniones del alumnado constituyen la tercera y última vía aproximativa para la verificación de la hipótesis principal. En el capítulo anterior se describió el proceso de diseño del instrumento de análisis y su configuración final. Dicho instrumento, consistente en un cuestionario de seis preguntas, pretende sacar a la luz las opiniones de los alumnos respecto al tema que nos concierne, con el objeto de verificar o refutar la subhipótesis correspondiente con sus diferentes aspectos descritos. Para ello, el cuestionario ha sido cumplimentado por 170 alumnos, de cuatro comunidades autónomas distintas (Andalucía, Murcia, Comunidad Valenciana y Baleares, siendo $N=64$ los cuestionarios con lengua comunitaria propia), garantizándose, por tanto, un mayor ámbito de aplicación de las conclusiones extraídas.

En la tabla 14 se muestran los resultados obtenidos en dicho cuestionario, en forma de valores promedio y de recuentos.

Al igual que en los anteriores apartados, estos resultados se analizan a través de los datos obtenidos en diferentes indicadores de validez, cuyos valores se muestran en la tabla 15.

Análogamente a lo realizado en los dos apartados anteriores, analizaremos cada aspecto de la subhipótesis propuesto en el capítulo anterior.

- Aspecto E1

El primer aspecto propuesto sólo pretende sacar a la luz una impresión global del alumnado acerca del interés despertado por la ciencia y la tecnología. La cuestión 1 del cuestionario, recoge explícitamente esta cuestión solicitando una valoración (puntuando de 0 a 10). El valor otorgado se recoge como indicador de validez, definido como:

Id23 = valor medio de las puntuaciones de los alumnos sobre interés despertado en Ciencia y Tecnología

Como se ve en la tabla 15, el resultado obtenido es de 6,02. Si bien el resultado no es excesivamente negativo y, por tanto, no concordante con el aspecto de la subhipótesis evaluado, hay que tener en cuenta varios factores. Por un lado, la tendencia a no puntuar demasiado negativamente por parte del alumnado hace que tampoco se pueda considerar este valor como *positivo*. Por otro lado, se debe tener en cuenta que la moda corresponde al 5,00 y que un 36,9% de los encuestados no asignan valores superiores a éste, lo cual supone que un alto porcentaje muestra una actitud “negativa” hacia la educación científica recibida hasta el momento.

Tabla 14. Valores promedio obtenidos en el cuestionario de alumnos ($N=170$, excepto para lengua autónoma $N=64$).

Cuestión nº 1. (Valoración del interés despertado...)	6,02 (sd 2,13)
---	----------------

Cuestión nº 2

Encontrar trabajo	5,96	Formarme como ciudadano	4,73	Saber más	5,49
Deseo de los padres	4,56	Valoración social del título	5,36	Saber hacer	5,54

(tabla 14. cont)

Cuestión nº 4

ASIGNATURAS	Sin interés	1	Inútil	1	Muy aburrida	1
	Escaso interés	2	Poco útil	2	Aburrida	2
	Interesante	3	Útil	3	Divertida	3
	Muy interesante	4	Muy útil	4	Muy divertida	4
Ciencias Sociales	2,80		2,88		2,39	
Lengua Castellana	2,50		3,21		2,05	
Inglés	2,74		3,47		2,55	
Biología y Geología	2,71		2,71		2,23	
Música	2,07		1,85		2,16	
Física y Química	2,69		2,71		2,25	
Tecnología	2,83		2,87		2,79	
Lengua Autonómica	2,44		2,97		2,03	
Matemáticas	2,64		3,26		2,06	
Educación Física	3,06		2,76		3,43	
E. Plástica y Visual	2,55		2,16		2,72	

ASIGNATURAS	Muy difícil	1	Muy teórica	1
	Difícil	2	Teórica	2
	Fácil	3	Práctica	3
	Muy fácil	4	Muy práctica	4
Ciencias Sociales	2,43		1,60	
Lengua Castellana	2,24		1,90	
Inglés	2,35		2,44	
Biología y Geología	2,21		1,90	
Música	2,96		2,26	
Física y Química	1,96		2,29	
Tecnología	2,78		2,99	
Lengua Autonómica	2,18		2,03	
Matemáticas	1,99		2,62	
Educación Física	3,51		3,65	
E. Plástica y Visual	2,95		3,36	

Cuestión nº 5

Prácticas de laboratorio	7,39	Trabajos de taller	7,20	Explicaciones teóricas	4,27
Visitas a fábricas, museos	6,78	Uso de juegos y juguetes	5,89	Problemas numéricos	3,90

(tabla 14. cont.)

Videos educativos	5,61	Comentario de noticias	5,35	Tertulias / debates	6,42
Experiencias demostrativas	6,56	Trabajos de investigación	6,29	Elaboración de murales	5,59
Uso de aplicaciones informáticas (ordenadores)		8,36		Rol-playing (simulación de situaciones)	7,33

Cuestiones n^{os} 3 y 6

PROPUESTAS	Recuento	%
Más debates	5	1,32
Menos ejercicios y deberes	5	1,32
Más videos	6	1,59
Más juegos	6	1,59
Clases más interesantes	6	1,59
Más investigaciones	6	1,59
Explicar mejor	10	2,65
Menos exámenes	14	3,71
Más experimentos	15	3,98
Más proyectos, trabajos taller	16	4,24
Más divertidas	25	6,63
Menos teoría	28	7,43
Más uso ordenadores	34	9,02
Más salidas, visitas	67	17,77
Prácticas, laboratorio	88	23,34
Otros (<5 propuestas)	46	12,20
TOTAL DE PROPUESTAS	377	100

Tabla 15. Valores finales de los indicadores obtenidos a partir de los resultados de los cuestionarios de alumnos.

INDICADORES		VALOR
Id23	valor medio de las puntuaciones de los alumnos sobre interés despertado en Ciencia y Tecnología	6,02
Id24 ¹	media puntuaciones motivación intrínseca	5,25
Id24 ²	media puntuaciones motivación extrínseca	5,30
Id25	$(\text{n}^\circ \text{ de respuestas "recreativas"} / \text{n}^\circ \text{ total de respuestas propuestas en cuestiones 3 y 6}) \cdot 100$	13%
Id26 ¹	media de los valores de los cinco aspectos de Biología y Geología	2,35
Id26 ²	media de los valores de los cinco aspectos de Física y Química	2,37

(tabla 15. cont.)

Id26 ³	media de los valores de los cinco aspectos de Tecnología	2,85
Id27 ¹	media de los valores otorgados al ítem “interesante-sin interés” de Biología y Geología	2,71
Id27 ²	media de los valores otorgados al ítem “interesante-sin interés” de Física y Química	2,69
Id27 ³	media de los valores otorgados al ítem “interesante-sin interés” de Tecnología	2,83
Id28 ¹	media de los valores otorgados al ítem “divertida-aburrida” de Biología y Geología	2,23
Id28 ²	media de los valores otorgados al ítem “divertida-aburrida” de Física y Química	2,25
Id28 ³	media de los valores otorgados al ítem “divertida-aburrida” de Tecnología	2,79
Id29 ¹	media de los valores otorgados al ítem “útil-inútil” de Biología y Geología	2,71
Id29 ²	media de los valores otorgados al ítem “útil-inútil” de Física y Química	2,71
Id29 ³	media de los valores otorgados al ítem “útil-inútil” de Tecnología	2,87
Id30 ¹	media de los valores otorgados al ítem “fácil-difícil” de Biología y Geología	2,21
Id30 ²	media de los valores otorgados al ítem “fácil-difícil” de Física y Química	1,96
Id30 ³	media de los valores otorgados al ítem “fácil-difícil” de Tecnología	2,78
Id31 ¹	media de los valores otorgados al ítem “teórica-práctica” de Biología y Geología	1,90
Id31 ²	media de los valores otorgados al ítem “teórica-práctica” de Física y Química	2,29
Id31 ³	media de los valores otorgados al ítem “teórica-práctica” de Tecnología	2,99
Id32	valor medio asignado al apartado de explicaciones teóricas	4,27
Id33	valor medio asignado al apartado de ejercicios numéricos	3,90
Id34	valor medio asignado al apartado de uso de juegos y juguetes	5,89
Id35	valor medio asignado al apartado de experiencias demostrativas	6,56

Además de este indicador global, la cuestión 3 del cuestionario recoge información variada de las opiniones de los alumnos. En base a ello, se definieron los indicadores:¹

Id26¹ = media de los valores de los cinco aspectos de *Biología y Geología*

Id26² = media de los valores de los cinco aspectos de *Física y Química*

Id26³ = media de los valores de los cinco aspectos de *Tecnología*

Como se ve en la tabla 15, en una opinión forzada a los valores 1-4, con dos de ellos de carácter *positivo* (3 y 4) y dos de carácter *negativo* (1 y 2), los alumnos han otorgado unas puntuaciones globales cuyas medias son 2,35, 2,37 y 2,85, respectivamente. Conviene recordar que las puntuaciones se restringen a los valores 1, 2, 3 y 4, quedando como valor intermedio el 2,50 (y considerando como *aprobado* a los valores iguales o superiores).

Esto supone que la *Biología y Geología* y la *Física y Química* provocan en el alumnado una valoración global negativa, mientras que la *Tecnología* superaría el 2,5 neutral por muy poco. Estos indicadores han sido calculados sobre cinco aspectos concretos y su multiplicidad le otorga validez suficiente como para matizar la interpretación del Id23, validando el aspecto E1 inicialmente refutado. Así, podríamos decir que el resultado del Id23 (6,02), en donde no se hacía distinción entre ciencia y tecnología, parece reflejar una compensación, resultando la hipótesis aceptablemente validada para el caso de las

¹ Los cinco aspectos considerados son: interesante-sin interés, útil-inútil, divertida-aburrida, fácil-difícil y teórica-práctica.

ciencias (tanto *Biología y Geología* como *Física y Química* estarían claramente *suspendidas* tras el análisis detallado), y con una validez más discutible para el caso de la *Tecnología*.

Además, en el capítulo anterior se propuso la generación de un ranking de asignaturas que aportaría aún más claridad a la verdadera opinión del alumnado, si es aceptada la comparación como indicador de algún tipo. Mostramos a continuación (tabla 16) dicho ranking:

Tabla 16. Media de los valores de los cinco aspectos (todas las materias).

1	Música	2,26
2	Lengua Autonómica	2,33
3	<i>Biología y Geología</i>	2,35
4	<i>Física y Química</i>	2,38
5	Lengua castellana	2,38
6	Ciencias Sociales	2,42
“Suspendidas” ↑ / “Aprobadas” ↓		
7	Matemáticas	2,51
8	Inglés	2,71
9	E. Plástica y Visual	2,75
10	<i>Tecnología</i>	2,85
11	Educación Física	3,28

Vemos como la *Biología y Geología* ocuparía la segunda o tercera peor posición y la *Física y Química* la cuarta o quinta, en función de si se trata de una comunidad autónoma con lengua propia o no, lo cual verifica todavía más la validez del aspecto obtenida con los datos particulares del Id26. De todos modos, hay que tener en cuenta la buena posición de la *Tecnología* a la hora de comentar apropiadamente los resultados. Ya se han detallado ciertos aspectos

propios de la Tecnología, que hacen que esta asignatura suela resultar más *atractiva*.

Tanto es así, que parece razonable afirmar que en muchos de los aspectos propuestos, la validez de los mismos quedará demostrada para el caso de las materias científicas, no sucediendo lo mismo con la *Tecnología*. Posteriormente se retomará este punto al formar parte de un aspecto particular de la subhipótesis.

- Aspecto E2

En este aspecto se hacía referencia a dos facetas ligeramente distintas, pero no exentas de un vínculo razonable. Por una parte, la cuestión 2 del cuestionario requiere del alumnado una valoración de distintos aspectos motivacionales del proceso de enseñanza aprendizaje. Ya se discutió la naturaleza e implicaciones de las motivaciones extrínsecas e intrínsecas, definiendo dos indicadores en función de la pregunta formulada:

Id24¹ = media puntuaciones motivación intrínseca

Id24² = media puntuaciones motivación extrínseca

Los resultados (mostrados en la tabla 15), dan valores de 5,25 y 5,30 respectivamente. La diferencia, aunque mínima, confirma relativamente parte de la hipótesis. El aspecto mejor valorado es el de *encontrar trabajo*, seguido de *saber hacer* y *saber más*, lo que supone similar resultado al obtenido años atrás dónde fue formulada la misma pregunta en un marco de investigación diferente [Ríos 2004].

Por otra parte, se propusieron nuevos indicadores para evaluar la validez de la segunda faceta del aspecto E2:

Id27¹ = media de los valores otorgados al ítem *interesante-sin interés* de *Biología y Geología*

Id27² = media de los valores otorgados al ítem *interesante-sin interés* de *Física y Química*

Id27³ = media de los valores otorgados al ítem *interesante-sin interés* de *Tecnología*

y,

Id28¹ = media de los valores otorgados al ítem *divertida-aburrida* de *Biología y Geología*

Id28² = media de los valores otorgados al ítem *divertida-aburrida* de *Física y Química*

Id28³ = media de los valores otorgados al ítem *divertida-aburrida* de *Tecnología*

Los valores obtenidos para estos indicadores son 2,71, 2,69, 2,83 y 2,23, 2,25, y 2,89, respectivamente. Se observa que la valoración de los alumnos no puede considerarse como positiva, y que indiscutiblemente encuentran a las materias científicas como ligeramente interesantes pero claramente aburridas, lo que refuerza considerablemente la hipótesis principal.

El valor global, 6,02, se corresponde con los valores obtenidos en la misma pregunta realizada en investigaciones anteriores [Vilches 1993, Ríos 2004].

Al igual que en aspecto anterior, los ranking comparativos mostrados (Tablas 17 y 18), ratifican la validez del valor absoluto. En el caso de la dualidad aburrida-divertida (y teniendo en cuenta la inexistencia de

lengua propia en más de tres cuartas partes de los encuestados), podemos afirmar que las asignaturas científicas son de las más aburridas y poco interesantes, según las opiniones de los alumnos, lo que puede explicar la desmotivación hacia el estudio de las mismas.

Tabla 17. Media de valores otorgados al ítem sin interés-interesante en todas las materias

SIN INTERES (1) / INTERESANTE (4)		
1	Música	2,07
2	Lengua Autonómica	2,44
“Suspendidas” ↑ / “Aprobadas” ↓		
3	Lengua Castellana	2,50
4	E. Plástica y Visual	2,55
5	Matemáticas	2,64
6	<i>Física y Química</i>	2,69
7	<i>Biología y Geología</i>	2,71
8	Inglés	2,74
9	Ciencias Sociales	2,80
10	<i>Tecnología</i>	2,83
11	Educación Física	3,06

Tabla 18. Media de valores otorgados al ítem aburrida-divertida en todas las materias

ABURRIDA (1) / DIVERTIDA(4)		
1	Lengua Autonómica	2,03
2	Lengua Castellana	2,05
3	Matemáticas	2,06
4	Música	2,16
5	<i>Biología y Geología</i>	2,23
6	<i>Física y Química</i>	2,25
7	Ciencias Sociales	2,39
“Suspendidas” ↑ / “Aprobadas” ↓		
8	Inglés	2,55
9	E. Plástica y Visual	2,72
10	<i>Tecnología</i>	2,79
11	Educación Física	3,43

- Aspecto E3

En este aspecto se propuso que los estudiantes no reconocieran la utilidad de las materias científicas, resultando dicha visión paradójica al tener en cuenta el notable avance de la ciencia y la tecnología de nuestros días. Se definieron los indicadores:

Id29¹ = media de los valores otorgados al ítem *útil-inútil* de *Biología* y *Geología*

Id29² = media de los valores otorgados al ítem *útil-inútil* de *Física* y *Química*

Id29³ = media de los valores otorgados al ítem *útil-inútil* de *Tecnología*

Además de los indicadores mencionados, e igual que se ha realizado en los puntos anteriores, resulta interesante mostrar el ranking de los valores otorgados al resto de asignaturas.

Los valores de los indicadores (2,71, 2,71 y 2,87) confirman que los alumnos consideran las asignaturas científicas ligeramente útiles, pero menos útiles que la mayor parte de las asignaturas, excepto *Música* y *Plástica* (Tabla 19).

Se demuestra así la escasa valoración y concienciación de la relevancia que estas áreas del conocimiento han tenido en la construcción de nuestra sociedad actual. Es incluso significativo observar que la *Tecnología*, en general bien valorada, tampoco escapa a esta visión del alumnado. Quizás valga la pena mencionar (aunque también quede fuera de las intenciones de este trabajo y pueda considerarse políticamente incorrecto), que las asignaturas denominadas instrumentales (las lenguas y las matemáticas) y que han

obtenido un *trato de favor* en las últimas leyes educativas, y con una mayor valoración social, son las entendidas como de mayor utilidad por parte de los alumnos.

Tabla 19. Media de valores otorgados al ítem inútil-útil en todas las materias.

INÚTIL (1) / ÚTIL(4)		
1	Música	1,85
2	E. Plástica y Visual	2,16
"Suspendidas" ↑ / "Aprobadas" ↓		
3	<i>Física y Química</i>	2,71
4	<i>Biología y Geología</i>	2,71
5	Educación Física	2,76
6	<i>Tecnología</i>	2,87
7	Ciencias Sociales	2,88
8	Lengua Autonómica	2,97
9	Lengua Castellana	3,21
10	Matemáticas	3,26
11	Inglés	3,47

- Aspecto E4

Otro de los aspectos que pueden determinar la motivación de un alumnado hacia el aprendizaje de una determinada materia es el grado de dificultad de la misma. También se ha considerado, y posteriormente se reincidirá en este punto, que las asignaturas de carácter práctico provocan, en general, una motivación *extra* en los estudiantes. Por ello, se definieron los nuevos indicadores de validez:

Id30¹ = media de los valores otorgados al ítem *fácil-difícil* de *Biología y Geología*

Id30² = media de los valores otorgados al ítem *fácil-difícil* de *Física y Química*

Id30³ = media de los valores otorgados al ítem *fácil-difícil* de *Tecnología*

y

Id31¹ = media de los valores otorgados al ítem *teórica-práctica* de *Biología y Geología*

Id31² = media de los valores otorgados al ítem *teórica-práctica* de *Física y Química*

Id31³ = media de los valores otorgados al ítem *teórica-práctica* de *Tecnología*

Tanto los valores absolutos como las posiciones en el ranking (tablas 20 y 21) confirman que los alumnos tienen una visión de las asignaturas científicas como algo difícil y excesivamente teórico (nótese que la asignatura considerada como la más difícil es la *Física y Química*). También en este caso la *Tecnología* se desmarca de la tendencia del Área de Ciencias de la Naturaleza, obteniendo puntuaciones claramente distintas.

Tabla 20. Media de valores otorgados al ítem difícil-fácil en todas las materias

DIFÍCIL(1) / FÁCIL (4)		
1	<i>Física y Química</i>	1,96
2	Matemáticas	1,99
3	Lengua Autonómica	2,18
4	<i>Biología y Geología</i>	2,21
5	Lengua Castellana	2,24
6	Inglés	2,35
7	Ciencias Sociales	2,43
"Suspendidas" ↑ / "Aprobadas" ↓		
8	<i>Tecnología</i>	2,78
9	E. Plástica y Visual	2,95
10	Música	2,96
11	Educación Física	3,51

Tabla 21. Media de valores otorgados al ítem teórica-práctica en todas las materias

TEÓRICA(1) / PRÁCTICA(4)		
1	Ciencias Sociales	1,60
2	Lengua Castellana	1,90
3	<i>Biología y Geología</i>	1,90
4	Lengua Autonómica	2,03
5	Música	2,26
6	<i>Física y Química</i>	2,29
7	Inglés	2,44
"Suspendidas" ↑ / "Aprobadas" ↓		
8	Matemáticas	2,62
9	<i>Tecnología</i>	2,99
10	E. Plástica y Visual	3,36
11	Educación Física	3,65

Obviamente estos valores dan validez a la hipótesis, y pueden, en parte, justificar la desmotivación observada hacia el estudio de estas materias.

- Aspecto E5

Ya se ha comentado repetidamente hasta el momento el aspecto peculiar de la asignatura de *Tecnología*. El carácter eminentemente práctico (todas las horas disponibles suelen transcurrir en un aula-taller), el habitual trabajo en grupo, y la contextualización propia de la materia, son aspectos que no deben olvidarse a la hora de analizar los resultados. En cualquier caso, y a pesar de ser ésta una de las conclusiones a extraer de esta investigación, no insistiremos excesivamente en este punto ya que, como ya se ha mencionado con anterioridad, los porqués últimos de esta realidad que aquí se constata escapan al ámbito de este trabajo. No obstante, se consideró oportuno incluir un aspecto de la subhipótesis que recogiera esta diferenciación.

Los datos expuestos hasta el momento, referentes a la cuestión 4, en la que se separan las opiniones para cada materia, han confirmado la

constante diferencia que existe entre la *Tecnología* y las materias del Área de Ciencias de la Naturaleza. La *Tecnología*, ha sido considerada por los alumnos como una de las materias más interesantes, divertidas, y prácticas, ocupando el segundo lugar en el ranking de preferencias global. Sin ánimo de profundizar en este tema, se constatan las mencionadas diferencias y, desde aquí, se insta a posibles investigadores futuros a ahondar en las causas de dichas divergencias, en aras de mejorar la inmerecida visión negativa que los alumnos tienen de las asignaturas científicas. También es relevante desde este punto de vista la comparación con las *Matemáticas*, las cuales obtienen un “aprobado” global y son bien consideradas en términos de interés utilidad, y carácter práctico, resultando por el contrario bastante difíciles y aburridas.

- Aspecto E6

En este aspecto de la subhipótesis se postuló que los alumnos mostrarían mayor interés por aquellas prácticas metodológicas distintas a las características del método expositivo tradicional. Han sido publicados numerosos artículos al respecto, como ya se vio en el primer capítulo de este trabajo. Pese a *apostar sobre seguro*, nos pareció conveniente incluir esta *ya demostrada* faceta de la enseñanza de las ciencias ya que, de alguna manera, aportaría validez a la hipótesis principal. Para cuantificar la opinión de los alumnos, se definieron los indicadores:

Id32 = valor medio asignado al apartado de explicaciones teóricas

Id33 = valor medio asignado al apartado de ejercicios numéricos

Id34 = valor medio asignado al apartado de uso de juegos y juguetes

Id35 = valor medio asignado al apartado de experiencias demostrativas

Los valores (mostrados en la tabla 15) son 4,27, 3,90, 5,89 y 6,56 respectivamente y en principio validan el aspecto de la subhipótesis tratado.

Hay que recalcar que las dos primeras son las dos prácticas metodológicas peor valoradas de las 14 propuestas de la pregunta 5 del cuestionario. Es lógico pensar, especialmente tras los resultados obtenidos con los profesores en formación, que estos dos son, en muchos casos, los únicos recursos metodológicos seguidos por un buen número de docentes y que ello no resulta del agrado de los estudiantes, con la consecuente pérdida de interés y motivación. Además, como se verá en el siguiente punto, los estudiantes no sólo rechazan estas prácticas habituales, sino que incluso las mencionan explícitamente cuando se les formula una pregunta abierta.

Como ya se comentó, los valores relativamente bajos de Id34 e Id35, pueden atribuirse al desconocimiento por parte de los alumnos de estas prácticas metodológicas. Incluso en algunos cuestionarios aparece escrita la pregunta «¿Qué es uso de juegos y juguetes?»

- Aspecto E7

El último aspecto considerado hace referencia a las opiniones de los alumnos al responder a dos preguntas abiertas (3 y 6), en las que se solicita aspectos y actividades que aumenten su interés hacia las clases de ciencias. Se presupuso que los alumnos propondrían actividades lúdicas o recreativas introduciendo el indicador de validez:

I25 = (nº de respuestas recreativas / nº total de respuestas propuestas en cuestiones 3 y 6) · 100

Dado el carácter abierto de la pregunta, resultó complicado asignar a una respuesta determinada el carácter de recreativa de una manera absolutamente objetiva, como ya se argumentó en el capítulo anterior. No obstante y siguiendo las pautas ya descritas, el valor del indicador es de un 13% de respuestas concretas que hacen referencia a aspectos lúdicos o recreativos, lo cual puede considerarse como coherente con la propuesta. Además, cabe destacar que las palabras *divertida* o *aburrida* aparecen en 25 ocasiones (la quinta propuesta con mayor presencia).

Al hilo de esto último y retomando lo comentado en el apartado anterior, las propuestas de «menos cantidad de teoría» y «más prácticas» o «más laboratorio» suman más del 30% de las respuestas contabilizadas, lo cual refuerza sustancialmente el aspecto relativo de la subhipótesis.

5. OPERATIVIZACIÓN Y DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS

En el planteamiento de la segunda hipótesis se postuló que:

El uso de elementos de ciencia recreativa en la práctica docente, tales como juegos, juguetes y experiencias demostrativas de marcado carácter lúdico, mejora los aspectos motivacionales en las clases de ciencias, y facilita la adquisición de competencias científicas argumentativas.

En referencia con la fundamentación de la segunda hipótesis, se ha constatado la importancia de metodologías encaminadas a mejorar la adquisición de competencias científicas, especialmente teniendo en cuenta los actuales índices de fracaso en este sentido. También se ha incidido en la necesidad de mejorar la *argumentación*, entendida y considerada ésta como una “macrocompetencia” donde se aglutinan aspectos típicos de las distintas dimensiones básicas en las que se suele vertebrar las mencionadas competencias científicas.

Para dar validez a la hipótesis planteada se han utilizado diferentes instrumentos de análisis. Por una parte se ha utilizado, con pequeñas variaciones un par de los instrumentos diseñados para la validación de la primera hipótesis para, así, poder establecer comparaciones entre la fase de diagnóstico (grupos de control) y la fase de intervención, concretamente, en lo que se refiere a las opiniones del alumnado y el

profesorado en activo que ha participado en cursos de formación específica relacionados con la ciencia recreativa.

Para esta segunda fase también se han elaborado una serie de guiones o fichas en las que se desarrollan actividades de ciencia recreativa para su implementación en el aula. Algunas de estas actividades se han utilizado como vehículos para la realización de ejercicios de prácticas argumentativas, filmándose y transcribiéndose las sesiones para su ulterior uso como otro instrumento de verificación de la hipótesis.

Finalmente, se han realizado entrevistas semi-estructuradas a algunos de los docentes participantes en los cursos de formación específica y que imparten clase en niveles educativos donde resulta especialmente difícil conseguir la opinión de los estudiantes al respecto de estas metodologías (Educación Infantil y Primaria).

De acuerdo a la hipótesis formulada, el uso habitual de la ciencia recreativa en la práctica docente mejora considerablemente aspectos actitudinales y, con ello, facilita la adquisición de las competencias científicas. Así pues, para poder comprobar su validez conviene diferenciar los dos aspectos principales incluidos en la hipótesis:

- Por un lado, se debe realizar una validación del cambio en los aspectos actitudinales lo cual, en nuestro caso particular, requiere la variación de factores tales como, el aumento de la participación, el interés y la visión del alumnado respecto de la ciencia y su aprendizaje, al utilizar aspectos de ciencia recreativa durante la práctica docente. En este sentido, cabe tener en cuenta las dos partes intervinientes en dicho proceso, puesto que, si bien se suele aceptar sin duda que el alumnado debiera ser el indicador principal de la validez de la propuesta y el objeto principal de estudio, no debemos

desdeñar la importancia en el posible cambio de la actitud y la motivación del profesorado y por ello, resultará conveniente observar también cómo afecta a la motivación de los docentes el uso de la ciencia recreativa. Con todo, también cabe tener en cuenta el tipo de alumnado sobre el que se realizará la valoración. En este punto se puede esperar la existencia de marcadas diferencias en función del nivel educativo analizado. La situación ideal sería un estudio que abarcara todos los niveles educativos, pero obviamente la extensión de dicho trabajo excedería con creces las pretensiones de una investigación como la presente.

No obstante, en un intento de abordar el problema con un diseño múltiple y convergente, aunque el estudio se centra en el alumnado de Educación Secundaria por ser mayor el desinterés en esta etapa educativa [Solbes *et al.* 2007], también se analiza una muestra de Bachillerato y también se realizan entrevistas al profesorado de Infantil y Primaria, donde se obtienen valoraciones muy favorables de lo que sucede en dichas etapas educativas al utilizar propuesta de ciencia recreativa con los estudiantes. Estas etapas anteriores (Infantil y Primaria) y posteriores (universitarias), quedarán como líneas futuras de análisis, aunque evidentemente hay aspectos de la hipótesis que pierden considerablemente su importancia en las etapas más avanzadas del sistema educativo.

La motivación por el estudio de las ciencias o la visión de éstas por parte de los alumnos de Bachillerato o universitarios de carreras científicas, debe ser claramente distinta a la de etapas anteriores ya que, en ambos casos, la elección de estudios científicos ya ha sido realizada por parte de los estudiantes y, por tanto, se supone que los aspectos negativos tratados en la primera hipótesis habrán desaparecido o se habrán atenuado considerablemente. Este hecho podría llegar a constatarse también en 4º de ESO, donde las

asignaturas científicas son optativas, pero en muchas ocasiones estas optativas son escogidas por motivos diversos, ajenos al interés académico del alumnado, ya que, para algunos resulta un curso terminal y persiguen otra finalidad (en ocasiones responde a una segunda o tercera opción, forzada por razones organizativas del centro e, incluso, aspectos sociales pueden determinar una u otra elección).

A pesar de resultar los niveles más interesantes, en Infantil y en Primaria cobra mayor importancia la afirmación anterior que hace referencia a la motivación del profesorado, por lo que limitaremos la verificación principalmente a aspectos *motivacionales*.

- Por otro lado, se atenderá a la validez de la propuesta en cuanto a la mejora de la adquisición de competencias se refiere. Así, y centrando la atención en las competencias *argumentativas* se verificará el aumento en la calidad argumentativa de los alumnos cuando se enfrentan a situaciones problemáticas que encierran una marcada connotación recreativa. Como se ha comentado, la competencia argumentativa del alumnado es bastante deficiente. En cualquier caso, no es objeto de estudio en este trabajo la totalidad de los aspectos involucrados en la denominada *competencia argumentativa*, sino que se atenderá únicamente el aspecto oral. El discurso en las clases de ciencias puede abordarse y estudiarse desde varias aproximaciones o visiones que analicen la enjundia del trabajo discursivo desarrollado en la vida académica, pudiéndose extraer conclusiones de aspectos muy variados, ya comentados, como son el cambio conceptual, el discurso en pequeños grupos de estudiantes, la argumentación, la explicación y el uso de pruebas, la participación y la equidad, el discurso escrito y el oral, etc. [Kelly 2007]. En el caso de este trabajo, la calidad argumentativa analizada queda básicamente restringida a su aspecto oral en el discurso de pequeños grupos de trabajo.

La importancia de otras cuestiones, como las implicaciones socioculturales de las prácticas argumentativas o los detalles de equidad y participación, o la implicación del profesorado (por mencionar algunos de elevado interés para la investigación), no se han tenido en cuenta para acotar el trabajo. De haber sido así, tal vez habría resultado imprescindible prestar atención a otros aspectos circundantes, como los mencionados y que, evidentemente, resultan extremadamente interesantes para el cuerpo de conocimientos de la didáctica de las ciencias.

5.1. ACTIVIDADES DE CIENCIA RECREATIVA

El primer diseño para comprobar nuestra hipótesis sobre el uso de ciencia recreativa consiste en seleccionar las actividades de este tipo que se van a realizar, de entre un conjunto más amplio que aparece en el anexo 7.

Anteriormente ya se ha disertado sobre la dificultad que entraña la definición inequívoca de *ciencia recreativa*. Asumiendo lo ya dicho, el primer paso para poder verificar o refutar las hipótesis pasa por la elaboración de guiones que faciliten la realización de actividades de este tipo. Evidentemente, dichos guiones estarán muy condicionados por el objetivo final de la actividad, ya sea una mera introducción, un pequeño trabajo de investigación/indagación (en la que se les pide que predigan lo que puede suceder o que expliquen los que observan) o, con un enfoque más tecnológico, plantear preguntas entorno a cómo mostrar o conseguir una cosa, etc. En general, se ha planteado la realización de un *catálogo* de pequeñas experiencias en las que intervienen elementos de CR, ya sean juguetes, artilugios, “cachivaches” o acciones que en sí mismas responden al criterio previamente descrito (ver Anexo 7). Las actividades adjuntadas en el anexo son conocidas, ya que han sido frecuentemente utilizadas en

multitud de contextos. Ya sea en ambientes menos formales, más propios de la divulgación que de la educación reglada, como ferias de ciencias, talleres, escuelas de verano e incluso programas de televisión [Jiménez Albiac 2007, 2009, Pérez 2009], o en situaciones puramente académicas, como en cursos de formación del profesorado o incluso en asignaturas específicas de diferentes planes de estudio en varias universidades [García-Molina 2011], este tipo de actividades llega cada día más al gran público y, como parte de él, al alumnado en general.

Por este motivo, también el omnipresente recurso informativo que constituye internet ha facilitado el acercamiento a estas de actividades, ya que son innumerables las páginas Web que recopilan fichas o guiones útiles para la realización de pequeños experimentos. Bajo las más variopintas denominaciones (ciencia divertida, entretenida, sorprendente, etc.) la red nos ofrece la posibilidad de conocer innumerables elementos que encuadran perfectamente en la definición de ciencia recreativa explicitada en este trabajo. Igualmente, podemos encontrar auténticos *catálogos audiovisuales virtuales*, como el conocidísimo portal “YouTube”, donde podemos observar con detalle la realización de las mencionadas experiencias, especialmente aquellas más vistosas, y atender a las explicaciones que, por otra parte, no siempre son correctas desde el punto de vista científico, ya que en muchas ocasiones sólo se persigue el aspecto lúdico de tal o cual efecto sorprendente, formando parte del *entretenimiento* con mayúsculas, entendido como una parte importante de nuestro modelo social actual.

No es el objeto de este trabajo juzgar o valorar el rigor de estas fuentes de información, pero sí que resulta oportuno avisar de los posibles errores conceptuales asociados a las *explicaciones* que estos medios aportan y prevenir a los docentes que recurran a estos canales para

obtener recursos que finalmente puedan ser extrapolados a contextos formales y reconvertidos en actividades de aula. Un ejemplo típico lo constituye el ejercicio utilizado en esta misma investigación y publicado por el grupo RODA [Jiménez Aleixandre *et al.* 2009] con el título de *¿Por qué sube el agua?* (ver anexo 7). Una de las hipótesis que se plantea frecuentemente por los alumnos (y el ensayo realizado en esta investigación demuestra que no es una excepción) es el hecho de que el agua asciende debido a la disminución de presión provocada por el consumo de oxígeno de la vela. «A pesar de que la hipótesis es incorrecta, esta experiencia ha sido utilizada en ocasiones en los libros de texto para deducir la proporción de oxígeno en el aire a partir del aumento relativo del nivel de agua en el vaso» [Caamaño, 2011].

En cualquier caso, y como en cualquier otra actividad habitual en la práctica docente, antes de llevar al aula las propuestas de ciencia recreativa conviene aplicar los filtros pertinentes y realizar un trabajo previo a su implementación en el proceso formal de enseñanza-aprendizaje.

Por otra parte, el grado de extensión y de detalle en la producción del material adecuado para trabajar en el aula puede, asimismo, variar tremendamente. Se puede considerar desde un mero apunte o una mera acción inmersa en una explicación puramente teórica, la elaboración de una unidad didáctica centrada en la realización de una actividad de ciencia recreativa [Franco 2011] o, como se ha comentado, la vertebración de toda una asignatura universitaria.

En este caso, expondremos tres ejemplos de actividades diseñadas para realizar en una o dos sesiones de clase. Dos de ellas han sido seleccionadas por el profesor, una por ser un *clásico* de la ciencia recreativa (ludión), y la otra por ser una de las últimas novedades en el mercado de *artefactos* con resultados muy vistosos (varita mágica). La

tercera, fue elegida por los propios alumnos de entre un grupo de experiencias de mecánica propuestas al inicio de la actividad. Estos ejemplos, u otros similares, servirán para la elaboración de otros instrumentos de análisis que posteriormente se especificarán. Al margen del formato aquí representado, también son válidos otros, cómo el incluido en Jiménez Aleixandre *et al.* [2009], que ha sido utilizado, con mínimas variaciones, en el presente trabajo.

Actividad-ejemplo 1. Se realizará la actividad con un grupo de 4º de ESO filmándose la sesión para su posterior análisis.

EL LUDIÓN O DIABLILLO DE DESCARTES

Descripción: El ludiÓN* casero, consiste en una botella de plástico llena de agua en cuyo interior hay un objeto capaz de sumergirse o flotar, en función de la presión aplicada sobre la botella. El objeto alojado en el interior puede ser cualquier *recipiente*, convenientemente lastrado, que pueda contener aire y un orificio por el que pueda entrar y salir agua: un tubo de ensayo invertido, la carcasa de un bolígrafo, una pipeta Pasteur.... Al presionar la botella observaremos cómo se sumerge dicho objeto, y al cesar la presión, el objeto vuelve a la superficie.



Actividades:

- ☞ 1.- Observa la botella y el objeto de su interior

Presiona suavemente en las paredes de la botella, aumentando la fuerza hasta que el objeto del interior descienda.

Cesa de aplicar la presión y observa que le ocurre al objeto.

- ☞ 2.- ¿Por qué se hunde el objeto al presionar y asciende al cesar la presión?
- ☞ 3.- ¿Qué factores crees que son determinantes para que el fenómeno se produzca? Dicho de otro modo, ¿de qué depende que un objeto colocado en el interior de la botella tenga este comportamiento?

[Hay que proveer a la clase de botellas con agua y diferentes objetos susceptibles de producir el mismo efecto. Facilitar también papel de aluminio]

- ☞ 4.- Haz una bolita de papel de aluminio para ver si se comporta de la misma manera. Si flota demasiado y es imposible sumergirla, reduce su volumen utilizando la misma cantidad de

papel y prénsalo más. Si se hunde sin tocar la botella, haz otra bolita menos prensada.

- ☞ 5.- Si finalmente has conseguido una bolita de aluminio adecuada, ésta permanecerá sumergida tras varios trayectos desde la superficie hasta el fondo. Intenta observar atentamente la bolita para observar si hay algún cambio en ella. Anota que cambio observas en la bolita (moldea más bolitas si fuera necesario)
- ☞ 6.- ¿Qué principios físicos se ponen de manifiesto con el ludión?
- ☞ 7.- ¿Por qué la bolita de aluminio siempre acaba en el fondo?
- ☞ 8.- ¿Se te ocurre alguna aplicación práctica de este fenómeno?

Profesor

Tema: Fluidos

Palabras clave: Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, presión, empuje, submarino

Objetivo: Experimentar y ejemplificar el los principios de Pascal y Arquímedes a la vez con un dispositivo lúdico, como su nombre indica, de fácil realización.

Explicación: Inicialmente, se puede aumentar el interés del alumnado dotando de cierta condición *mágica* a la botella y al objeto que aloja, el cual sigue nuestras instrucciones de «¡Abajo!» o «¡Arriba!» ocultando, en la medida de lo posible, el modo en el que se consigue que el objeto interior se sumerja (es decir, sin dejar ver que la presión de la mano es la que lo hace bajar).

Al presionar la botella se puede observar cómo entra agua en el objeto flotante y disminuye el volumen de aire contenido en su. Es conveniente que dicha observación sea deducida por los alumnos. Al dejar de presionar, el aire recupera su volumen original. Esto es consecuencia del **principio de Pascal**: *Un aumento de presión en un punto cualquiera de un fluido encerrado en un recipiente se transmite a todos los puntos del mismo.*

Antes de presionar la botella el objeto flota debido a que su peso queda contrarrestado por la fuerza de empuje ejercida por el agua desplazada por la cámara de aire. La disminución del volumen del aire ocluido en el interior del objeto, lleva consigo una reducción de la fuerza de empuje ejercida por el agua. Esto es una consecuencia del **principio de Arquímedes**: *Todo cuerpo parcial o totalmente sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical ascendente que es igual al peso del*

fluido desalojado.

En el caso de la bolita de papel de aluminio, esto se cumple porque queda atrapada entre sus pliegues una pequeña cantidad de aire que, en un momento dado, se suele liberar en forma de burbuja, aumentando su densidad y hundiéndose irremediabilmente.

Nivel de aplicación: 4º de ESO (Estática de fluidos)

Para saber más: El ludi3n aparece descrito en numerosos trabajos, que abarcan un amplio rango de niveles. Dos art3culos interesantes son el de G3mez et al [2003] y el de Luca y Ganci [2011].

Actividad-ejemplo 2. Se realizará la actividad con un grupo de 3º de ESO filmándose la sesión para su posterior análisis [Lozano et al. 2011]

<h2>La varita mágica</h2>	
<p>Descripción: La varita mágica es un “artilugio” de venta en tiendas de juguetes especializadas, que consigue hacer levitar objetos livianos (pequeñas figuras de plástico metalizado recortado, muy ligeras, que se suministran junto a la varita) mientras mantengamos la varita por debajo de ellos. De hecho, tras un mínimo contacto, se produce una repulsión entre la varita y los objetos. Por el contrario, los objetos de papel son atraídos por la mano, la pared o cualquier otro objeto.</p>	
<p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☞ 1.- ¿Por qué la varita repele a los objetos de plástico metalizado? ☞ 2.- ¿Por qué sucede este efecto tras tocar la varita el objeto de plástico metalizado? ¿Es necesario el contacto? ☞ 3.- ¿Por qué el objeto de plástico se siente atraído hacia la mano, tu cuerpo o la pared? ☞ 4.- Intenta dibujar la posición de las partículas (cargas) en la varita, en la mano y en los objetos de plástico, de manera que se explique el efecto observado. ☞ 5.- ¿Se producirá el mismo efecto con otros objetos distintos a los de plástico metalizado? ¿Qué características deben tener otros objetos para que se produzca la repulsión? ☞ 6.- ¿Qué podríamos utilizar como sustituto de la varita? 	
Profesor	
<p>Tema: Electricidad estática</p>	<p>Palabras clave: magia, electricidad estática, levitación.</p>

Objetivo: Sorprendente efecto basado en la electricidad estática generada en una varita, que funciona como un *pequeño generador de Van der Graaf*.

Explicación: La varita funciona como un generador de Van der Graaf, es decir, mediante el suministro energético aportado por un conjunto de pilas, un pequeño motor interno hace girar una banda elástica cuya fricción con unos *peines metálicos* genera una carga electrostática que se transfiere al extremo de la varita, produciéndose así todos los efectos *sorprendentes*. Los objetos de plástico suministrados, extremadamente ligeros, quedan cargados de inmediato al contacto con la varita, produciéndose así la repulsión entre el objeto y la varita y, por tanto, la levitación. El resto de *trucos* propuestos por el fabricante, no dejan de ser aplicaciones de *juegos* tradicionales de electricidad estática (atracción de latas de aluminio, de un pequeño chorro de agua, atracción de los objetos cargados por la mano, etc.).

Cualquier objeto que cumpla, de manera aproximada, las condiciones de peso, material y forma de los objetos de papel suministrados, será capaz de levitar bajo el efecto de la varita.

Análogamente, cualquier objeto cargado electrostáticamente (p.e., un globo frotado con el pelo, lana...) puede utilizarse como *substituto* de la varita.

Nivel de aplicación: 3º de ESO (Electricidad estática)

Para saber más: <http://www.varitamagica.juguetronica.com/>

[Featonby 2011]

Actividad-ejemplo 3. Se realizará la actividad con un grupo de 4º de ESO filmándose la sesión para su posterior análisis [Lozano et al. 2012]

LA MONEDA Y EL CEPILLO

Descripción: La experiencia consiste en colocar una moneda sobre una superficie lisa, como la de una mesa, y comprobar que resulta sumamente sencillo *arrastrar* 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



Actividades:

- 1.- Imagina que colocamos una moneda (de un euro, dos euros o 50

cents., preferentemente) sobre la superficie del pupitre o la mesa.

¿Qué crees que ocurrirá si intentamos *barrer* con un cepillo de ropa la moneda, (procurando mantener el mango del cepillo paralelo a la mesa).

- 2.- Si colocáramos la misma moneda sobre la palma de la mano e intentamos “barrer” de nuevo la moneda, ¿qué crees que ocurriría?

[proveer cepillos y monedas suficientes para que los alumnos puedan experimentar]

Experimenta las dos situaciones planteadas y observa el diferente comportamiento en una y otra. Explica brevemente lo que sucede.

- 3.- ¿Por qué motivo crees que la moneda se comporta de diferente forma en la mesa y en la mano?
- 4.- ¿Puedes explicar por qué al apretar el cepillo cuando la moneda está en la mano, no se consigue arrastrarla?

- ☞ 5.- ¿Se te ocurre alguna variación en el experimento que ayude a confirmar tus posibles explicaciones?
- ☞ 6.- Si no lo has hecho, experimenta *barriendo* la moneda en otras superficies, como el brazo, el suelo, encima de una mochila...
- ☞ 7.- ¿Cuál crees que es el factor que determina los diferentes comportamientos en función del lugar sobre el que se ubique la moneda?
- ☞ 8. Intenta hacer un dibujo de las fuerzas principales que intervienen cuando *barres la moneda*.

Profesor

Temas: Mecánica, rozamiento

Palabras clave: moneda, mecánica, rozamiento, cepillo

Objetivo: Experimentar el sorprendente efecto del rozamiento al intentar desplazar, con un cepillo de ropa, una moneda colocada sobre superficies con distintos coeficientes de rozamiento, en los que dicho valor resulta clave para que el movimiento se produzca.

Explicación: En la figura 5 se muestra el esquema de fuerzas que actúan sobre la moneda cuando se utiliza el cepillo. La moneda no desliza sobre la superficie de la mano porque, tal como se discute 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 ($F_{cep. H}$).

Cuanto más se aprieta el cepillo para intentar desplazar la moneda, mayor es la fuerza vertical ($F_{cep. V}$) que ejercen las cerdas sobre la moneda y, por consiguiente, también son mayores la fuerza normal ($N=P+F_{cep. V}$) y la fuerza de rozamiento máxima $F_{roz\ máx}=\mu_e N$, donde μ_e es el coeficiente de rozamiento estático entre la moneda y la piel.

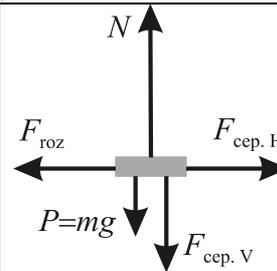


Figura 5. Esquema de las fuerzas que se ejercen sobre la moneda apoyada en la palma de la mano, sobre la cual actúa el cepillo

Dado que los estudiantes suelen tener dificultades para comprender los fenómenos relacionados con el rozamiento y ni en la ESO ni en el Bachillerato se le suele prestar a este tema la atención que merece, este 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 la discusión 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 $F_{\text{roz máx}} = \mu_e N$. Una vez se inicia el movimiento, la fuerza de rozamiento es menor que $F_{\text{roz máx}}$ y vale $F_{\text{roz}} = \mu_c N$, donde ahora interviene el coeficiente de fricción cinético μ_c , que es menor que μ_e . Llegados a este punto los alumnos suelen reconocer que cuesta menos desplazar un cuerpo que ponerlo en movimiento.

Nivel de aplicación: 4º de ESO, Bachillerato

Para saber más: [Lozano *et al.* 2012, Tit 1890]

Actividad-ejemplo 4. Se realizará la actividad propuesta en un grupo de 4º de ESO filmándose la sesión para su posterior análisis.

¿Por qué sube el agua?

Descripción: Al colocar una vela ardiendo en un recipiente que contiene agua (como un plato o similar) y taparla con un vaso invertido de manera que la boca del vaso quede totalmente sumergida, se observa que la llama de la vela de la vela se extingue trascurridos unos segundos y, posteriormente, el nivel del agua asciende en el interior del vaso. El efecto resulta más vistoso cuanto más estrecho y alargado sea el vaso (o el recipiente utilizado).



Actividades:

- ☞ 1.- Observa atentamente todo el proceso desde que comienzas a tapar la vela con el vaso. Describe lo que sucede
- ☞ 2.- ¿Por qué se apaga la vela?
- ☞ 3.- ¿Por qué crees que asciende el agua por el vaso?

[En este punto se puede continuar la experiencia sin dar opciones de explicación, u ofrecer al alumnado dos explicaciones distintas para que evalúe y decida cuál es la correcta. Estas son:

a.- Al arder la vela, la llama consume el oxígeno que hay en el recipiente (vaso) y el agua lo reemplaza ascendiendo

b.- Al arder la vela, el aire del interior del recipiente se calienta y, por tanto, se dilata, reduciendo su volumen al enfriarse, contrayéndose, lo que provoca el ascenso del agua]

- ☞ 4.-Repite la experiencia y observa las burbujitas que salen al tapar la vela con el recipiente. ¿Tu explicación es coherente con este hecho?

<p>☞ 5.- Observa que parte del ascenso del agua ocurre unos instantes después de que la llama se haya apagado. ¿Explica este hecho tu respuesta?</p>	
<p>Profesor</p>	
<p>Tema: Propiedades de los gases</p>	<p>Palabras clave: Presión, combustión, dilatación, volumen, temperatura, gases</p>
<p>Objetivo: Observar con un hecho sorprendente ciertas propiedades de los gases.</p>	
<p>Explicación: La explicación está básicamente descrita en el punto anterior, y puede ser ofrecida, o no, a los alumnos durante el transcurso de la experiencia. Cabe tener en cuenta que si el recipiente utilizado para tapar la vela es muy estrecho, el aumento del nivel del agua es muy espectacular y, difícilmente será explicado con la opción <i>a</i>. no obstante, se puede ofrecer el dato de que el aire contiene, aproximadamente un 21% de oxígeno, y que la llama se extingue cuando el nivel de oxígeno desciende a un 15 %, lo cual supone una variación demasiado pequeña de volumen como para que la opción <i>a</i> sea la correcta.</p>	
<p>Nivel de aplicación: 4º de ESO Propiedades de la materia.</p>	
<p>Para saber más: [Vera et al. 2011, Jiménez Aleixandre et al. 2009]</p>	

5.2. CUESTIONARIO DE OPINIONES DE LOS ESTUDIANTES

Aprovechando la línea seguida en la primera de las hipótesis centrales de este trabajo, las opiniones de los estudiantes debe ser un instrumento de análisis que verifique o refute la validez de la segunda hipótesis planteada. La mejora en la motivación de los alumnos, al utilizar de manera habitual elementos recreativos durante la práctica docente, debería quedar plasmada al aplicar este instrumento analítico.

La comparación entre las opiniones de grupos de alumnos antes de la realización de las actividades (pre) y después de las mismas (post), utilizando el cuestionario planteado para la validación de la primera hipótesis, debería mostrar el cambio actitudinal esperado. Al quedar demostrada en el capítulo anterior la primera hipótesis, en lo que a la opinión de los alumnos se refiere, el hecho de utilizar elementos de ciencia recreativa, desde todos los aspectos posibles ya mencionados (esto es, como puntos de introducción de conceptos, como actividades de indagación, como meros ejemplos ilustrativos, etc.), debería mejorar algunos de los aspectos evaluados en la primera hipótesis, tales como la actitud negativa hacia la ciencia y la enseñanza de las ciencias, la consideración de las materias científicas como aburridas y sin interés.

Es de esperar, además, que la valoración de los recursos de carácter recreativo sea más positiva, ya que el desconocimiento de éstos, por su escasa utilización, presupone una valoración, presumiblemente más negativa y, en cualquier caso, sesgada por la práctica ausencia de los mismos durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, al menos en la mayoría de las ocasiones. El hecho de utilizar frecuentemente juegos, juguetes, etc., debería disponer a los alumnos hacia una valoración

positiva de los mismos, si es que realmente éstos han despertado su interés y han combatido el aburrimiento.

Además de la comparación dentro de los grupos antes y después del uso de elementos de ciencia recreativa, se espera una diferencia entre los resultados globales de las opiniones de los alumnos que no han utilizado este tipo de recursos, o lo han hecho de manera esporádica, y aquellos que frecuentemente han trabajado con ellos.

5.3. ANÁLISIS DE LAS COMPETENCIAS ARGUMENTATIVAS-CIENTÍFICAS

Para la comprobación de la parte correspondiente a la mejora de la adquisición de competencias científicas y, habida cuenta de que la competencia argumentativa puede resultar un indicador ideal en este tipo de análisis, se plantea el uso de los diferentes elementos de ciencia recreativa mencionados a lo largo de este trabajo como punto de partida idóneo para la generación de situaciones en las que el discurso del aula bascule claramente hacia el lado de los estudiantes. Concretamente, se utilizarán las actividades descritas en el apartado 5.1. La curiosidad, el interés, la motivación, el efecto sorprendente, etc. provocados por estos elementos, muy probablemente generarán una tendencia hacia la participación de los estudiantes superior a lo común al coincidir dichas características en un grupo de alumnos [Gil-Quílez et al. 2011]. En muchas ocasiones, también deberíamos esperar que aquellos alumnos que en otras circunstancias se mantienen más fríos y distantes respecto a los conceptos trabajados en el aula, muestren un mayor interés y participación, dotando al discurso del aula de una mayor calidad y riqueza en términos argumentativos.

Indiscutiblemente, la labor del docente es crítica a la hora de manejar estas situaciones, y los resultados obtenidos estarán, obviamente,

condicionados por la actuación del profesorado. Así, las intervenciones que se realicen deberían ir encaminadas a favorecer el desarrollo de la indagación y la argumentación, limitando su intromisión en los diálogos y cediendo el papel central al alumnado [Finkel 2008]. Es obvio que el papel que juega el docente es esencial, muy por encima de la actividad en sí misma; es inútil intentar despojar completamente al profesor de su rol determinante dentro de un clima de aula establecido durante años y años de periplo estudiantil. No obstante, en la realización de las actividades encaminadas a evaluar la validez de la hipótesis se intentará que el profesor intervenga poco, dejando protagonismo a los estudiantes y, en todo caso, de la misma manera en la que podría intervenir al realizar cualquier otro tipo de actividad de aula convencional, como en la resolución de un problema de cálculo numérico, en la generación de un debate en torno a un problema o concepto concreto, en una sesión de lectura comprensiva... Las intervenciones del docente deben, en cualquier caso, ir encaminadas hacia una mejora de la adquisición de competencias y hacia una dinamización del discurso y el proceso argumentativo, sin perjuicio de la objetividad de los datos finales obtenidos en los correspondientes análisis de la calidad argumentativa. En ocasiones, la aportación de algún dato que desencadene razones o argumentos listos para fundamentar, o la mera aportación explícita de hipótesis divergentes e incluso basadas en principios absolutamente distintos [Jiménez Aleixandre et al. 2009] pueden suponer el acicate necesario para la participación *masiva* del alumnado.

El análisis de la calidad de la argumentación en función de la intervención y la participación del alumnado al verse enfrentado a situaciones problemáticas planteadas desde un punto de vista acorde a la definición de ciencia recreativa aportada en este trabajo, permitirá establecer correspondencias entre la actividad realizada y la mejora en

la adquisición de competencias argumentativas. Dicho análisis puede estar basado en diferentes tipos de observaciones. En este caso, se ha tomado como referencia los métodos propuestos por Erduran et al. [2004] basados en el modelo de Toulmin [1958] que anteriormente se ha expuesto en el marco teórico con detalle.

5.4. CUESTIONARIOS Y ENTREVISTAS A PROFESORES QUE HAN ASISTIDO A UN CURSO DE FORMACIÓN ESPECÍFICA

Aprovechando la realización de cursos específicos centrados en actividades de ciencia recreativa, la opinión del profesorado asistente puede utilizarse como un nuevo método de validación de la hipótesis planteada. Tanto en primera instancia, al acabar el curso y conocer de un modo más adecuado las posibilidades académicas que las actividades de ciencia recreativa ofrecen y habiendo traspasado al aula e implementado alguna de ellas, como tiempo después de acabar el curso una vez se ha madurado la opinión al respecto y con la solvencia que aporta la adecuada formación y la experiencia de la práctica docente, es de esperar que los profesores que han recibido esta formación específica valoren positivamente el uso de los recursos planteados, tanto a priori como una vez experimentados en sus respectivas clases. Se puede también detectar el aumento en la motivación de los docentes al comprobar la utilidad de este tipo de actividades, que sin duda se verá extrapolado a sus rutinas laborales y, por tanto, redundará en la actitud de sus alumnos.

Posteriormente se detallarán los diferentes instrumentos de análisis que serán elaborados y utilizados con el profesorado que ha adquirido la formación específica y que, básicamente, consistirán en cuestionarios escritos realizados a la finalización del curso (en parte idénticos a los utilizados para validar la primera hipótesis con los

profesores en formación, por tanto comparando los resultados entre éstos y aquellos) y en entrevistas semi-estructuradas realizadas con posterioridad a la implementación más continuada en las aulas de las actividades relacionadas con los conocimientos específicos adquiridos.

En este punto, conviene recordar lo dicho al respecto de las etapas en las que es sumamente difícil evaluar la opinión del alumnado (Infantil y primeros cursos de Primaria), debiendo extraerse dicha opinión a través de los profesores en las mencionadas entrevistas ya que para «entender u obtener las opiniones de los profesores es importante hacer esas opiniones *visibles*» [Luft y Roehrig 2007, Tsai 2002] y, tal vez, nada mejor para sacar a la luz y hacer visibles esas opiniones que una entrevista semi-estructurada donde, por una parte, la selección de las preguntas listadas garantiza un aprovechamiento máximo del tiempo disponible para la entrevista (habitualmente escaso dada la reticencia general a ser entrevistado) y, por otra parte, se aprovecha perfectamente la situación para «saber qué hay en la mente de los entrevistados, para recopilar sus historias» [Quinn 2002].

Así pues, en la elaboración de los diferentes instrumentos de análisis que se utilizarán con este colectivo, aparecerán implícitas diversas variables que deberán tenerse en cuenta por separado.

5.4.1. Cuestionario.

El cuestionario que se ha pasado a los docentes participantes en los cursos de formación mencionados es bastante similar al de la primera hipótesis, y es el que se muestra en la tabla 22.

Tabla 22. Cuestionario para los docentes asistentes a cursos de formación específicos.

Nombre:	Edad :	Estudios
---------	--------	----------

1. ¿Cómo crees que el alumnado valora las siguientes asignaturas?,
(responde lo que creas que contestaría un alumno)

ASIGNATURAS	Sin interés Escaso interés Interesante Muy interesante	1 2 3 4	Inútil Poco útil Útil Muy útil	1 2 3 4	Muy aburrida Aburrida Divertida Muy divertida	1 2 3 4	Muy difícil Difícil Fácil Muy fácil	1 2 3 4	Muy teórica Teórica Práctica Muy práctica	1 2 3 4
Ciencias sociales	()		()		()		()		()	
Lengua castellana	()		()		()		()		()	
Inglés	()		()		()		()		()	
Biología y Geología	()		()		()		()		()	
Música	()		()		()		()		()	
Física y Química	()		()		()		()		()	
Tecnología	()		()		()		()		()	
Matemáticas	()		()		()		()		()	
Educación física	()		()		()		()		()	
E. Plástica y visual	()		()		()		()		()	

2. Valora (de 0 a 10) el interés que crees que tienen las siguientes metodologías en tu práctica docente: [0=poco interesantes10= muy interesantes]

Prácticas de laboratorio		Trabajos de taller		Explicaciones teóricas	
Visitas a fábricas, museos...		Uso de juegos y juguetes		Problemas numéricos	
Videos educativos		Comentario de noticias		Tertulias / debates	
Experiencias demostrativas		Trabajos de investigación		Elaboración de murales	
Uso de aplicaciones informáticas (ordenadores)				Rol-playing (simulación de situaciones)	

3. Sugiere otras actividades que, en tu opinión, harían más interesantes las clases de ciencias.....

(Tabla 22. cont.)

4. ¿Consideras que se debe incluir actividades de ciencia recreativa (juegos, juguetes y pequeñas experiencias) como parte de la práctica metodológica habitual? ¿Por qué?

5. Escoge la opción más acertada según tu criterio:

<i>El uso de elementos "recreativos":</i>	Muy de acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
Mejora la motivación del alumnado				
Hace aumentar el interés del alumnado por la asignatura				
Favorece el aprendizaje de conceptos teóricos				

5.4.2. Entrevista.

La entrevista semi-estructurada planteada a los profesores que han recibido formación específica permite sacar a la luz las ideas de los alumnos y, por ende, las de los mismos docentes. Como se ha comentado, el tiempo de la entrevista se recorta considerablemente al ejecutar un listado concreto de preguntas, pero sin coartar la libertad del entrevistado para añadir o aportar cuestiones no previstas que enriquecen la información obtenida. En este caso, la lista de preguntas confeccionada era la siguiente:

- Preguntas de tipo cerrado. Obtención de datos objetivos: años de docencia, titulación, niveles en los que se imparte clase.
- Preguntas más abiertas y sujetas a cambios durante el desarrollo de la entrevista.

1. ¿Trabajas contenidos científicos? (no es trivial, la respuesta podría ser negativa en Infantil, ya que el currículo actual sólo contempla contenidos científicos de manera *colateral* en el bloque de contenidos relativo a los cinco sentidos). ¿Cómo? ¿Cuál/es?
2. ¿Has recibido formación específica en algún aspecto de ciencia recreativa? Valora dicha formación en términos de utilidad para tu práctica docente.
3. ¿Utilizas elementos de ciencia recreativa en tu práctica docente? ¿Los encuentras provechosos, útiles? ¿En qué grado?
4. ¿Piensas que aumenta la motivación de los estudiantes al utilizar actividades de ciencia recreativa?
5. ¿Piensas que aumenta el interés de los estudiantes (en general y por la ciencia en particular) al utilizar actividades de ciencia recreativa?
6. ¿Crees que mejora el aprendizaje el uso de elementos de ciencia recreativa?
7. Valora el uso de actividades de ciencia recreativa frente a otro tipo de actividades (p.e., visitas a museos, confección de murales...).

Como se ha dicho, el dinamismo de la entrevista permite realizar cuestiones no planteadas de antemano que saquen a la luz pensamientos u observaciones interesantes para la investigación, realizándose en la práctica de este modo, más abierto.

6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS

6.1. CUESTIONARIO DE OPINIONES DEL ALUMNADO

Las opiniones del alumnado constituyen uno de los elementos principales en la validación de la segunda hipótesis. Como ya se hizo con la primera hipótesis, un cuestionario, en el que aparecen diversos aspectos que el alumno debe valorar, constituye el instrumento de análisis utilizado en este punto. La confección de dicho instrumento ya se detalló en el capítulo correspondiente a la primera hipótesis, y en esta segunda se ha utilizado con diversos fines que posteriormente se analizan.

Los alumnos que han respondido el cuestionario pueden agruparse en función de distintos criterios de clasificación y, así, obtener una información máxima a partir de sus respuestas.

Por una parte, se podría diferenciar los cuestionarios respondidos en función del nivel educativo del alumnado consultado ya que, como es de esperar, las respuestas de un alumno de 2º de ESO no pueden ser absolutamente equiparables a las de un alumno de 1º de Bachillerato.

También se debería tener en cuenta que el autor de la presente memoria imparte clases en la asignatura de *Tecnología*, y que las innovaciones metodológicas propuestas es más que posible que sean relacionadas por sus alumnos, con la asignatura de tecnología. Además, el currículo de dicha asignatura limita la realización de

muchas de las actividades enmarcadas dentro del concepto de ciencia recreativa y tratadas en este trabajo, dificultando la obtención de datos en los grupos mencionados.

Un último detalle diferenciador está en los grupos en los que se realizó un análisis previo (vía cuestionario) de sus opiniones (pre) y un análisis posterior (post) tras haber utilizado elementos de ciencia recreativa de manera habitual a lo largo del curso escolar, y aquellos grupos en los que se realizó el mismo uso de las actividades relacionadas con ciencia recreativa, pero de los que sólo se dispone de las opiniones al final del curso (post).

Todos estos detalles se han tenido en cuenta a la hora de procesar los datos recopilados, con el objeto de minimizar las divergencias en los resultados que los mencionados detalles pudieran llevar asociadas y así obtener una visión lo más objetiva y globalizadora posible.

Centrándonos más en el cuestionario en sí, su procesado estadístico se realizará de manera similar al realizado en la primera hipótesis con alguna salvedad: si bien entonces se utilizó una cantidad ingente de indicadores de validez para la hipótesis, en este caso restringiremos a unos cuantos ítems el análisis numérico, ya que esta segunda hipótesis no lo requiere de otra manera y teniendo en cuenta además que hay otros instrumentos de análisis dispuestos a validar o refutar la misma. No obstante, las comparaciones y correspondencias con las premisas y los datos obtenidos en el análisis de la primera hipótesis hacen necesario mantener la nomenclatura de alguno de los mencionados indicadores para facilitar la comprensión de los resultados.

Para realizar la comparativa estadística de los valores obtenidos en las cuestiones más interesantes para este estudio, se ha tenido en cuenta su carácter no normalizado. Habitualmente, un análisis de las medias

obtenidas en la valoración de las distintas metodologías propuestas en la pregunta 5 del cuestionario supondría la realización de la prueba de la *t-Student* para verificar si hay diferencias significativas entre las muestras a comparar. En este caso, los datos correspondientes a las respuestas de los alumnos, tras comprobación por prueba de Kolmogorov, podemos afirmar que, en general, no se corresponden con una distribución normalizada (gausiana), por lo que se requiere un análisis estadístico por métodos no paramétricos. El método seguido (ejecutado con SPSS y cuyos resultados totales se incluyen en el Anexo 6) es la prueba de Mann-Whitney, incluyéndose en las tablas expuestas en las páginas siguientes el valor de significación asintótica (bilateral), entendiéndose que valores inferiores a 0,05 ($p < 0,05$, etiquetados con un asterisco * en las tablas) verifican diferencias significativas entre las distribuciones.

Con todo esto, los datos obtenidos van a agruparse según lo expuesto y son los siguientes:

6.1.1. Resultados obtenidos con alumnos de ESO comparados con los obtenidos en el grupo de control

Este fue el único nivel educativo tenido en cuenta en la verificación de la primera hipótesis y constituye el primer paso en el análisis de los resultados obtenidos en los cuestionarios. Se ha agrupado en esta categoría a todos los alumnos, que corresponden a un grupo de segundo, tres grupos de tercero y dos de cuarto ($N=65$).

El primer resultado a analizar lo constituyen los valores asignados en la cuestión nº 5, más concretamente aquellos que hacen referencia a los elementos de ciencia recreativa (juegos y juguetes y experiencias demostrativas, Id34 e Id35, respectivamente). Los resultados promedio obtenidos en todos los ítems se muestran en la tabla 23. Los

datos se presentan incluyéndose los resultados obtenidos en el análisis previo (grupo de control) y la diferencia entre los valores.

En un primer vistazo, se observa que, en términos generales, prácticamente todas las variables tienen valores ligeramente superiores a los del estudio previo. No obstante, y centrándonos en las que más afectan a este estudio, podemos destacar el aumento significativo del valor obtenido para los *juegos y juguetes* y para las *xperiencias demostrativas*, (y en menor medida, las *prácticas de laboratorio*, quizás asociadas a las experiencias demostrativas que, en ocasiones, se llevan a cabo en el laboratorio).

Tabla 23. Valores promedio de la pregunta 5, correspondientes al primer subgrupo

<i>PRÁCTICAS METODOLÓGICAS</i>	Tras actuación	Análisis Previo	<i>p</i> Sign. Asi. (bl) (M-W)
Prácticas de laboratorio	8,60	7,39	0,001*
Trabajos de taller	7,14	7,20	0,747
Explicaciones teóricas	4,95	4,27	0,145
Visitas a fábricas...	7,14	6,78	0,664
Uso de juegos y juguetes	8,12	5,89	0,000*
Problemas numéricos	4,75	3,90	0,046*
Videos	6,55	5,61	0,019*
Comentario de noticias	5,80	5,35	0,344
Tertulias, debates	6,92	6,42	0,443
Experiencias demostrativas	8,05	6,56	0,000*
T. investigación	6,88	6,29	0,276
Elaboración de murales	5,78	5,59	0,539
Uso de ordenadores	7,86	8,36	0,032*
Rol-playing	8,45	7,33	0,003*

* Valores que confirman una diferencia significativa entre las distribuciones.

Como podemos observar, los mayores cambios se han producido en aquellas metodologías que constituyen el eje principal de este trabajo y que se asocian con la definición de ciencia recreativa (*uso de juegos y juguetes* aumenta 2,23 en promedio y *experiencias demostrativas* aumenta 1,49, con valores de *p* (*Mann-Whitney*) de 0,000 en ambos casos, es decir, con una probabilidad menor al 1 por mil de que esas diferencias sean debidas al azar. Estos aumentos, también suponen un cambio en el “ranking” de las prácticas metodológicas mejor valoradas, pasando de ser del 9º al 3º y del 6º al 4º, respectivamente. Se puede observar de una manera más visual en las figuras 6 y 7.

Como era de esperar, el hecho de conocer y familiarizarse con las prácticas metodológicas relacionadas con la ciencia recreativa, supone una mejor valoración de éstas por parte del alumnado.

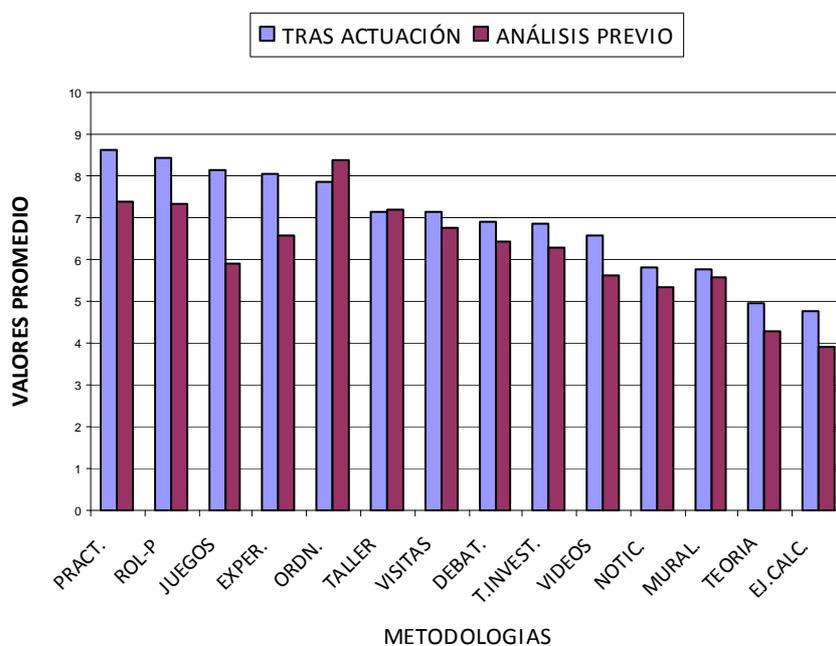


Figura 6. Comparativa de valores obtenidos en la pregunta 5 *tras la actuación* (N=65) y en el grupo de control (análisis previo)

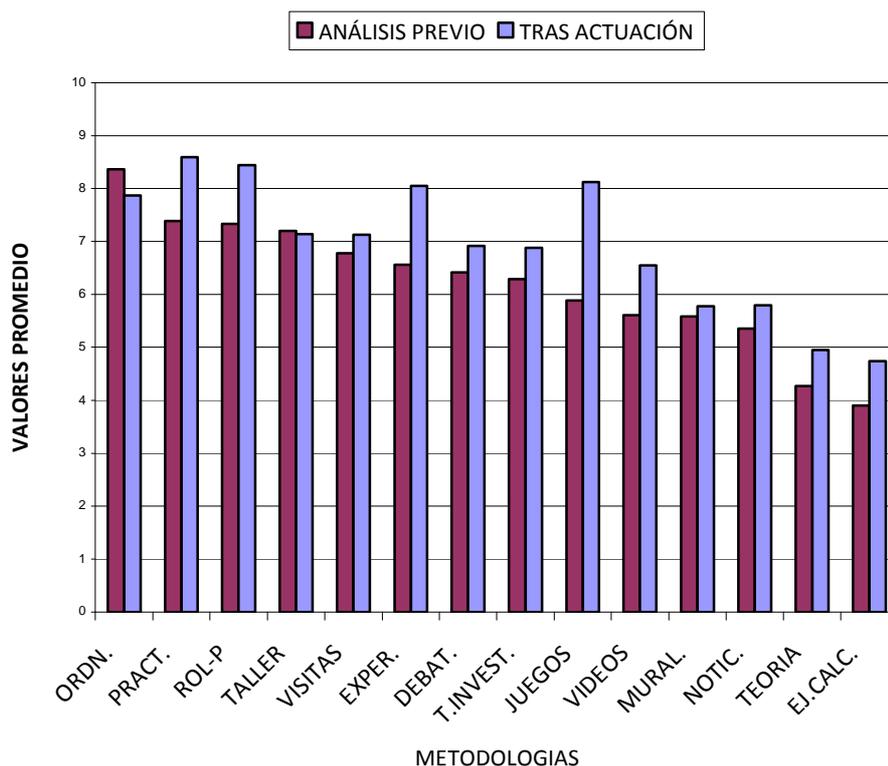


Figura 7 Comparativa de valores obtenidos en la pregunta 5 *tras la actuación* (N=65) y en el grupo de control (análisis previo).

También se observa cómo se mantienen algunas opiniones de los alumnos. Los cinco aspectos peor valorados son los mismos antes y después de la *actuación o tratamiento* (pese a recibir puntuaciones mayores en varios de ellos). Realmente este resultado es coherente con las hipótesis y con el ensayo experimental, ya que en absoluto debería afectar el uso de la ciencia recreativa para que cambiara la opinión generalizada respecto al resto de metodologías. Análogamente, las prácticas de laboratorio siguen estando muy bien consideradas por los alumnos, como también cabía esperar según se ha comentado anteriormente. La interpretación del resto de los

resultados, si bien no deja de ser un punto de extremo interés (especialmente el rol-playing), cae fuera de las pretensiones de este trabajo.

Otro aspecto a tener en cuenta es el relacionado con la cuestiones n^{os} 3 y 6 en las que se solicitan propuestas de mejora (relacionado con el Id25 de la primera parte). Ya se adelantó la dificultad de relacionar las respuestas con la ciencia recreativa, pero hay ciertos datos que llaman la atención y que son dignos de mencionarse y valorarse:

- En el porcentaje de propuestas relacionadas con las *experiencias demostrativas, los experimentos* pasa de un 3,98 % obtenido en el análisis previo a un 17,38 %, lo que hace patente la generalizada aceptación por parte de los alumnos de estas metodologías (si bien en la definición de ciencia recreativa hemos incluido diversos aspectos, ya explicados con detalle previamente, resulta habitual implementar en el aula este *concepto* a través de pequeñas experiencias o experimentos con un marcado carácter lúdico o sorprendente, más que con el uso de otro tipo de recursos, juguetes o *artefactos*).
- La dificultad que entrañaba discernir el concepto *práctica* como referencia a algo menos teórico, de la *práctica de laboratorio* hace que esa división sea en muchas ocasiones confusa. No obstante, la suma de ambos conceptos sigue dando unos porcentajes muy elevados antes y después del uso sistematizado de elementos de ciencia recreativa: 30,77 % y 31,62 % respectivamente.
- El concepto de *más divertida* o *menos aburrida* refiriéndose a las clases de ciencias, pasa de un 6,69 % a un 14,47 %, diferencia, también, bastante significativa y que, sumada a los datos anteriores, ofrece una clara predisposición de los alumnos a

valorar positivamente las clases en las que experiencias lúdicas tengan cabida.

Los otros aspectos considerados en el cuestionario son más difíciles de analizar en este subgrupo, ya que como se ha mencionado, existen varios factores que podrían distorsionar la interpretación de los datos: alumnos que han trabajado la ciencia recreativa desde asignaturas “no científicas” (*Tecnología*), menor sistematización en el uso de estas prácticas, etc.

6.1.2 Resultados de alumnos de ESO antes y después del “tratamiento” (pre-post).

Este grupo lo constituyen alumnos que respondieron al cuestionario al principio de curso, y con los que durante el curso se ha utilizado, de manera sistemática, elementos de ciencia recreativa como un recurso metodológico. Como ya se ha comentado con anterioridad, estos elementos han servido como introducción de conceptos, ejemplificaciones, bases de ejercicios de cálculo numérico, explicación de fenómenos, etc. Este grupo lo constituyen dos grupos de tercero de ESO tratados con el investigador, y un grupo de cuarto de ESO que pertenece a un centro educativo distinto al del investigador. El total de alumnos ($N=46$) ha trabajado estos elementos metodológicos en la asignatura de *Física y Química* (optativa en este nivel) en el centro externo, y en la de *Tecnología* en el centro del investigador.

Los datos referentes a la pregunta 5 del cuestionario se muestran en la tabla 24. La presentación de estos resultados se ha realizado en una tabla de múltiples entradas en la que se muestra los resultados obtenidos al inicio de curso y su comparación con los del análisis previo, los datos obtenidos al final del curso y su comparación con los

correspondientes al análisis previo, y el contraste entre los datos al inicio y los datos obtenidos al inicio y los obtenidos al final del curso.

A la vista de los resultados, hay varios detalles destacables que analizar, pero antes de abordarlos conviene tener en cuenta ciertas premisas: Se podría realizar un análisis contrastando los resultados al final del curso con los de la primera parte de este trabajo, al igual que se ha realizado con el subgrupo anterior, pero es remarcable el hecho de que la mayoría de los ítems están “sobrevalorados” desde el principio respecto al estudio anterior y por tanto, tiene más sentido atender de manera más especial a la comparativa entre los resultados iniciales y los finales. Este detalle, se pone de manifiesto en los resultados de la p de la prueba de Mann-W. En cualquier caso, no cabe la menor duda que el dato más significativo es la excelente valoración de los *juegos y juguetes* en el cuestionario realizado al final del curso (post), marcando una diferencia de +2,54 puntos con el análisis al inicio y de +2,76 al compararlo con los datos del análisis previo ($p=0,000$ en ambos casos); la mayor diferencia de todos los análisis realizados hasta el momento. Es igualmente válido el comentario realizado a propósito de la posición en el “ranking” de metodologías del primer subgrupo. El uso de juegos y juguetes pasa a ser la tercera opción mejor valorada (9^a al inicio) y las experiencias la 4^a, (8^a al inicio).

Por su parte, las *experiencias demostrativas* también son mucho mejor valoradas tras el uso sistemático de metodologías que incluyen la ciencia recreativa (frecuentemente entendida como *experimentos*, y habitualmente incluida como pequeñas experiencias demostrativas). Así, vemos un incremento en la valoración de 1,63 a lo largo del curso, y un 1,74 frente al análisis previo (e, igualmente, $p=0,000$). Análogamente, el comentario al respecto de las prácticas de laboratorio es perfectamente aplicable en este punto, ya que del resto

de los ítems considerados es el único con una variación estadística significativa entre el inicio y el final de curso (ver tabla 24)

Los resultados parecen constatar una de las justificaciones que en su momento se dio la cual hacía referencia al hecho de que el uso de juegos y juguetes, no era una práctica metodológica demasiado bien entendida por parte de los alumnos (incluso en algunos casos se preguntaba ¿qué era eso?). Una vez resulta conocida y formando parte de la habitual práctica docente es, considerablemente, bien valorada por los alumnos y, lógicamente, bienvenida siempre que se hace uso de ella.

Tabla 24. Valores promedio de la pregunta 5. Segundo subgrupo.

PRÁCTICAS METODOLÓGICAS	Inicio Curso	Análisis Previo	Final Curso	<i>p (Mann-Whitney) inicio-análisis previo</i>	<i>p (Mann-Whitney) final curso – análisis previo</i>	<i>p (Mann-Whitney) inicio curso-final curso</i>
Prácticas de laboratorio	7,98	7,39	8,85	0,337	0,000*	0,009*
Trabajos de taller	7,50	7,20	7,41	0,491	0,540	0,968
Explicaciones teóricas	5,20	4,27	5,22	0,077	0,069	0,928
Visitas a fábricas...	7,02	6,78	7,17	0,978	0,504	0,543
Uso de juegos y juguetes	6,11	5,89	8,65	0,844	0,000*	0,000*
Problemas numéricos	4,96	3,90	5,02	0,020*	0,018*	0,975

(tabla 24. cont.)

Videos	5,85	5,61	6,57	0,797	0,033*	0,083
Comentario de noticias	5,87	5,35	6,17	0,266	0,067	0,533
Tertulias, debates	7,11	6,42	6,85	0,321	0,490	0,830
Experiencias demostrativas	6,67	6,56	8,30	0,866	0,000*	0,000*
T. investigación	7,02	6,29	7,11	0,213	0,125	0,831
Elaboración de murales	5,61	5,59	5,72	0,982	0,627	0,670
Uso de ordenadores	7,72	8,36	7,63	0,019*	0,013*	0,789
Rol-playing	8,07	7,33	8,70	0,228	0,001*	0,072

Los resultados de este segundo subgrupo son consistentes con los del primer subgrupo analizado, si bien el hecho de realizarse un análisis al inicio del curso minimiza las diferencias que pudieran encontrarse con el análisis previo realizado en el grupo de control (primera hipótesis). No obstante, y como se puede observar en la tabla 24 y la figura 8, las diferencias en las valoraciones de las prácticas metodológicas que se observan entre los datos del análisis al inicio del curso y los del grupo de control, salvo alguna excepción, son poco significativas.

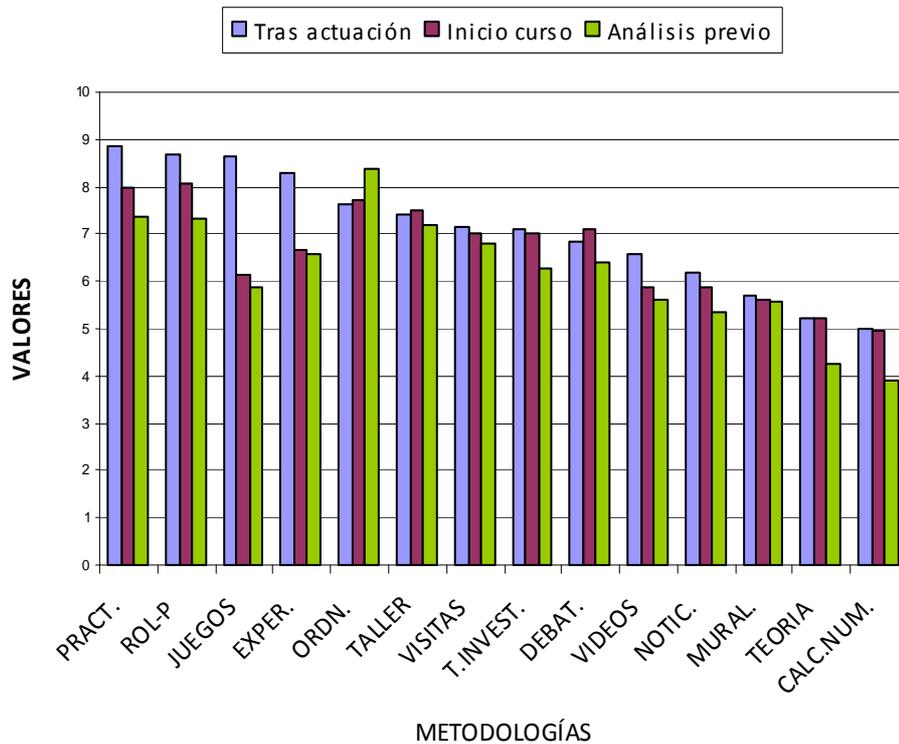
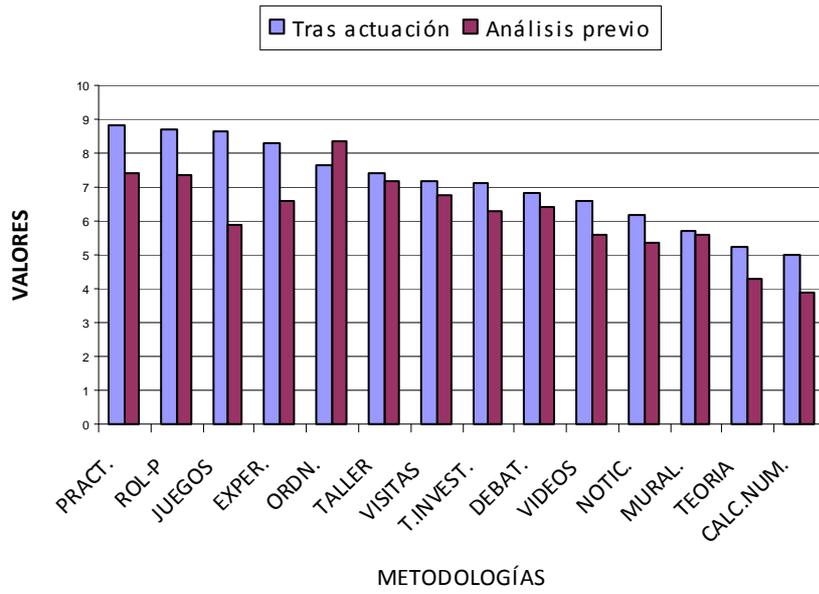


Figura 8 Comparativa de valores obtenidos en la pregunta 5 *tras la actuación* y *al inicio del curso* (N=46) frente al grupo de control (N=65) (*análisis previo*).

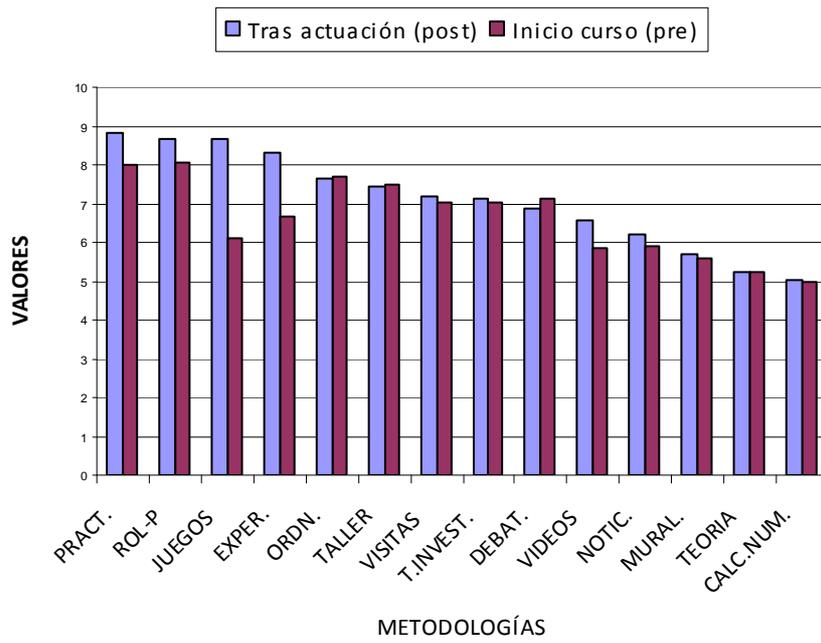
Al igual que se realizó con el anterior subgrupo, un segundo foco de atención puede resultar las preguntas formuladas en las cuestiones 3 y 6:

- 3. Señala los factores que aumentan o pueden aumentar tu interés hacia los estudios que realizas de las asignaturas de ciencia y tecnología.
- 6. Sugiere otras actividades que, a tu parecer, harían más interesantes las asignaturas científicas y tecnológicas.

Los datos vienen a ser similares a los anteriores. Como antes, entre los ítems más significativos para los propósitos de este trabajo se encuentran los siguientes:



Figuras 9_{a,b}. Comparativas de los resultados obtenidos en la cuestión 5 *tras actuación-análisis previo* y *pre-post* en el segundo subgrupo



- Las *demostraciones y experiencias-experimentos* suponen un 4,85 % de las propuestas al principio y un 16,47 % al final (como ya se ha visto, en el análisis previo representaban un 3,98 % de los comentarios).
- Los comentarios relativos a un *mayor carácter práctico* (cuya dificultad de agrupación ya se ha comentado anteriormente), componen el 37,21 % al inicio y un 42,17 % al final (en el análisis previo representaban un 30,77 %);
- Quizás lo más llamativo, y consistente con la hipótesis, es el hecho de que al inicio había únicamente un 2,21 % de comentarios relativos a hacer las clases de ciencia *más divertidas-menos aburridas* y al final un 15,98 % de las propuestas iban en este sentido (6,69 % en el estudio previo).

6.1.3 Alumnos de primer curso de Bachillerato

Lógicamente, estos alumnos presentan un perfil muy distinto de los alumnos del segundo subgrupo y, por tanto, los resultados obtenidos reflejarán estas diferencias. El grupo analizado ($N=30$) corresponde a un Bachillerato de ciencias.

A pesar de realizarse un análisis similar a los subgrupos anteriores, conviene de nuevo remarcar el hecho de ser un alumnado muy diferente al de la ESO, más maduro y con la orientación científica asumida y definida. La comparación con el grupo de control no puede utilizarse por sí misma como argumento para validar la hipótesis (ya que en el caso de dicho grupo sólo se incluyen datos de ESO). No obstante, el detalle que se aporta en el análisis de los resultados de este grupo, y su consistencia con las premisas planteadas en la hipótesis, servirá para reforzar la convergencia de los instrumentos utilizados en este trabajo.

Siguiendo en la línea anterior, observaremos la valoración de los distintos aspectos metodológicos de la cuestión nº 5, teniendo en cuenta que, durante el curso, este grupo ha trabajado de manera esporádica, pero constante, elementos de ciencia recreativa.

En la tabla 25 se muestran los resultados obtenidos en este grupo.

Una primera observación muestra que los resultados difieren bastante de los obtenidos con los grupos de ESO. Quizás uno de los datos que más llama la atención es el cambio en la tendencia a valorar negativamente prácticas metodológicas tales como la teoría o los ejercicios de cálculo numérico, aspectos estos que en los dos subgrupos anteriores estaban *a la cola* de la valoración y que en esta caso ocupan posiciones mucho más *honrosas* en el ranking (ver figura 10).

Como ya se ha comentado, quizás sorprende el dato de los problemas numéricos (aumento de 2,3 en el promedio y $p = 0,000$), pero no es el objeto de este trabajo analizar estas diferencias. Sí que resulta interesante, para la validación de la hipótesis aquí presentada, el hecho de que las prácticas metodológicas más relacionadas con la ciencia recreativa, vuelven a tener una consideración mucho más positiva por parte del alumnado tras haber *convivido* con ellas. Concretamente, los ascensos de 1,84 en la media de la valoración de *juegos y juguetes* y de 1,11 en las *experiencias demostrativas*, (con $p = 0,007$ y $0,048$) así lo ratifican. Al igual que en los casos anteriores, las prácticas de laboratorio también son significativamente mejor valoradas, probablemente por los motivos explicados con anterioridad.

Tabla 25. Valores promedio de la pregunta 5, correspondientes al subgrupo de Bachillerato

<i>PRÁCTICAS METODOLÓGICAS</i>	Tras actuación	Análisis Previo (Grupo control)	<i>p</i> Sign. Asintot. (b) (Mann- Whitney)
Prácticas de laboratorio	8,73	7,39	0,008*
Trabajos de taller	7,73	7,20	0,262
Explicaciones teóricas	5,27	4,27	0,107
Visitas a fábricas...	6,73	6,78	0,417
Uso de juegos y juguetes	7,73	5,89	0,007*
Problemas numéricos	6,27	3,90	0,000*
Videos	6,20	5,61	0,263
Comentario de noticias	5,20	5,35	0,714
Tertulias, debates	6,80	6,42	0,677
Experiencias demostrativas	7,67	6,56	0,048*
T. investigación	6,20	6,29	0,507
Elaboración de murales	4,73	5,59	0,084
Uso de ordenadores	8,33	8,36	0,515
Rol-playing	7,87	7,33	0,173

Respecto a las propuestas de las cuestiones 3 y 6, observamos una diferencia nítida entre este subgrupo y los anteriores. En este subgrupo no se hace ninguna mención a juegos, ni a clases aburridas o divertidas. No obstante, se mantiene e, incluso se incrementa, la aportación de propuestas que hacen referencia al *carácter teórico-práctico* de las asignaturas científicas. Así, operando igual que en subgrupos anteriores, las propuestas en este sentido (incluyendo las *prácticas de laboratorio*) suponen el 53,85 %, que es el dato más alto, con diferencia, de los encontrados hasta ahora para este aspecto. Además, deberíamos añadir que las propuestas relacionadas con *experimentos y demostraciones prácticas* suman un total del 19,23 % de las propuestas planteadas.

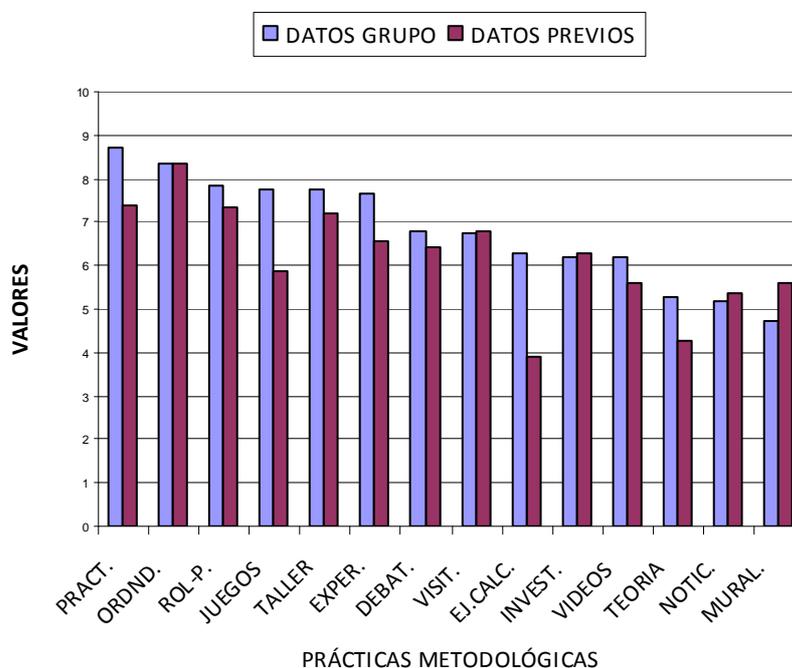


Figura 10 comparativa de los resultados obtenidos en cuestión 5. (Grupo bachillerato ($N=30$). Orden descendente tras actuación)

En cuanto a las otras cuestiones planteadas, el mismo razonamiento que se ha hecho en los subgrupos anteriores es válido también para este subgrupo aunque, lógicamente, por motivos diferentes. En este caso, el alumnado pertenece a una enseñanza post-obligatoria, a una modalidad de Bachillerato en la que las asignaturas científicas son optativas troncales y, por tanto, no puede evaluarse en la misma medida la opinión que de ellas tuvieran los integrantes de este grupo.

6.2. ANÁLISIS DE LAS COMPETENCIAS ARGUMENTATIVAS

Como ya se ha comentado anteriormente, para comprobar la validez de la hipótesis en cuanto a la mejora de las competencias argumentativas se refiere, se ha optado por un instrumento de análisis consistente en la presentación de una actividad de ciencia recreativa a un grupo de estudiantes y la solicitud de que expliquen el fenómeno observado. La sesión se graba con videocámara y, posteriormente, se transcriben las intervenciones y los comentarios, todo lo cual se analiza bajo las propuestas de Erduran et al. [2000] según las tesis de Toulmin [1958].

Se han realizado cuatro sesiones distintas. Las experiencias planteadas son las que se detallaron en el apartado anterior. Sólo una de las cuatro sesiones se realizó con un grupo en el que el autor de esta memoria imparte clases. Las otras tres (en tres centros educativos distintos) fueron asistidas por el autor, pero con la presencia de sus profesores de referencia. Como se ha podido comprobar, las cuatro sesiones corresponden a cuatro bloques de contenidos diferentes del currículo de *Física y Química* de 4º y *Tecnología* de 3º de ESO, y que incluyen aspectos de mecánica, electrostática, fluidos, cambios de estado y propiedades generales de la materia. En un principio, será plausible pensar que es un número reducido de experiencias, pero la

contundencia de los resultados en todas y cada una de ellas hace, prácticamente, innecesario realizar más ensayos para confirmar su validez.

Primera experiencia. Grupo de 3º de ESO. Instituto urbano-centro, muy heterogéneo en todos los sentidos: alto porcentaje de alumnado extranjero, hasta 11 nacionalidades en un grupo de 22 alumnos, con una elevada disparidad de niveles curriculares. El investigador es profesor de *Tecnología* del grupo. La metodología ya se ha descrito con anterioridad, pero básicamente consiste en mostrar una experiencia *sorprendente*, con un marcado carácter lúdico, y se requiere una explicación del fenómeno observado. Se divide a la clase en grupos y se analizan los elementos del discurso argumentativo de uno de los grupos elegido al azar. Esta metodología se repite con muy pequeñas variaciones en todos los grupos. En este caso, esa variación incluye un análisis del debate posterior en el que toda la clase forma un solo grupo con intervenciones múltiples, fomentada por pequeñas intervenciones del profesor.

La primera experiencia presentada es la *lata corredora*. Por fricción con lana, cabello humano... cargamos electrostáticamente un globo tal como se observa en la figura 11. En este momento, ya se puede apreciar cómo la atención del alumnado se intensifica por el hecho de utilizar un juguete cotidiano como es el caso de un globo hinchado.

Acercando el globo cargado a una lata de refresco vacía y dispuesta con su eje horizontal paralelo al suelo, se produce una atracción que hace girar y *correr* a la lata.



Figura 11. Imágenes tomadas en el desarrollo de la «primera experiencia»

La segunda experiencia presentada es la levitación de ciertos objetos con la ayuda de una *varita mágica levitadora* (artículo disponible en tiendas especializadas), la cual funciona como un generador Van de Graff *portátil*. Los elementos no verbales analizados (atención, asombro, interés por reproducir la experiencia, por tocar el juguete...),

incluso algún comentario explícito «¡hala, qué fuerte!», varios «¡oh!», sugieren una mejora motivacional que *a priori* parecía obvia.



Figura 12. Varita mágica («primera experiencia»)

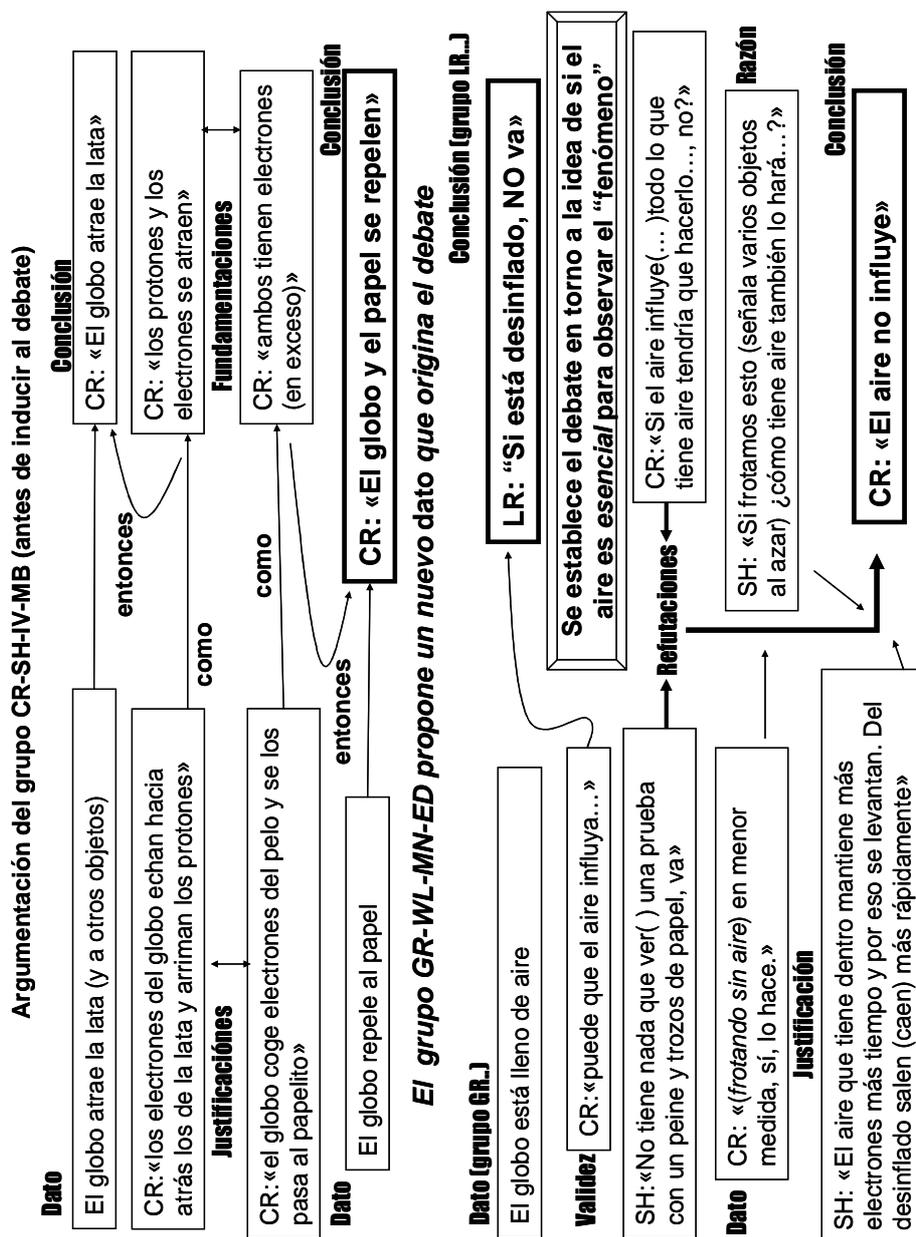


Figura 13. Cuadro resumen de elementos argumentativos de la «primera experiencia»

En la figura 13 se muestra un esquema completo de los componentes del discurso argumentativo que tiene lugar (donde las abreviaturas CR, SH, etc. hacen referencia a los nombres de los alumnos abreviados, y cuya correspondencia se encuentra en el anexo 4). Es notoria la riqueza y la diversidad de los componentes localizados, máxime teniendo en cuenta el grupo en el que se desarrolla y que ya se ha descrito previamente [Lozano et al. 2011]. Como se ve, aparece una considerable variedad de elementos argumentativos, a saber:

Conclusiones: CR: «...el globo y el papel se repelen» (L6); CR: «...el globo atrae la lata» (L15); LR: «...si está desinflado, por mucho que lo frotes no va» (L22); CR: «...el aire no influye» (L31)

Justificaciones: CR: «...el globo coge electrones del pelo y se los pasa al papelito» (L4); CR «los electrones del globo echan hacia atrás los de la lata y arriman a los protones» (L14); NL: «El globo se carga negativamente y como la lata es neutra, los electrones hacen que se acerquen los protones» (L19); SH: «el aire que tiene dentro mantiene más electrones más tiempo y por eso se levantan...Del desinflado caen más rápidamente» (L47);

Refutaciones: SH: «...no tiene nada que ver, (se ha hecho) una prueba con un peine, y va» (L27); CR: «...si el aire influye, todo lo que tiene aire tendría que hacerlo ¿no? *irónicamente*» (L45)

Fundamentaciones: CR: «...ambos tienen electrones (en exceso)» (L5); GR: «..la fricción provoca...que el objeto...se llene de electrones» (L10); CR: «los protones y los electrones se atraen» (L15); NL: «...el globo se carga negativamente y como la lata es neutra...» (L18); GR: «..la fricción provoca...que el objeto...se llene de electrones» (L10)

Razones: NS: «tú al pelo le quitas electrones, pero sigue teniendo porque los coge del aire...¿un globo no sería más o menos lo mismo?» (L26); CR: «...si frotamos esto...como tiene aire, ¿también lo hará?» (L44);

Nuevos datos: GR: «...el objeto está lleno de aire» (L11); SH: «...hemos hecho una prueba con un peine y trocitos de papel...» (L27); CR: «...(con globos deshinchados)...se mueven un poco» (L34)

Validez. GR: «puede que el aire influya... » (L20)

Vemos como, en definitiva, se ha creado un ambiente de aprendizaje de competencias argumentativas, donde los alumnos exponen sus conclusiones y las defienden, las argumentan o refutan las que son contrarias, utilizando las pruebas que ofrece la experiencia planteada, incluyendo nuevas experiencias que aportan nuevos datos, realizando sus justificaciones en base a los conceptos teóricos aprendidos, etc.

Segunda experiencia. Grupo de 4º de ESO. El investigador no les imparte clase. Centro urbano. Grupo reducido pero con bastante variedad étnico-cultural. Se construyen varios *ludiones* con botellas de plástico de refresco de 2 L llenas de agua, en las que se ha introducido un tubo de ensayo invertido y con agua suficiente en su interior para producir el efecto deseado.

Se presenta la experiencia diciendo que es magia y que el tubo de ensayo sumergido obedece mis órdenes. La atención es evidente en la grabación, todos prestan mucha atención y sonrían al ver el efecto “sorprendente” del Ludión. Se pregunta que por qué pasa eso y varias voces responden: “porque aprietas la botella”. “Y al apretar por qué baja”...ellos responden: “por la presión”. Les felicito, y les insto a dar una explicación “científica” de por qué al apretar la botella desciende

el tubo de ensayo. Organizo al conjunto en tres grupos: uno de ellos son los que han rechazado o no han entregado la autorización para ser grabados y dos grupos más con los que sí la han entregado. Dejo durante un espacio de unos 15 minutos que se produzca debate y argumentación en los pequeños grupos para después solicitar una puesta en común de ambos grupos con las conclusiones extraídas. Se intenta registrar la mayor parte de los comentarios vertidos al respecto en ambos grupos, pero las limitaciones técnicas hacen que la grabación se centre en uno de los dos grupos autorizados, recogiendo posteriormente las explicaciones del otro grupo en un “careo” final donde también aparecen numerosos elementos argumentativos.



Figura 14. Imágenes de la realización de la «segunda experiencia»

Vemos de nuevo en la figura 15 una riqueza de elementos y componentes típicos del discurso argumentativo que una vez más aporta validez a las premisas recogidas en la hipótesis:

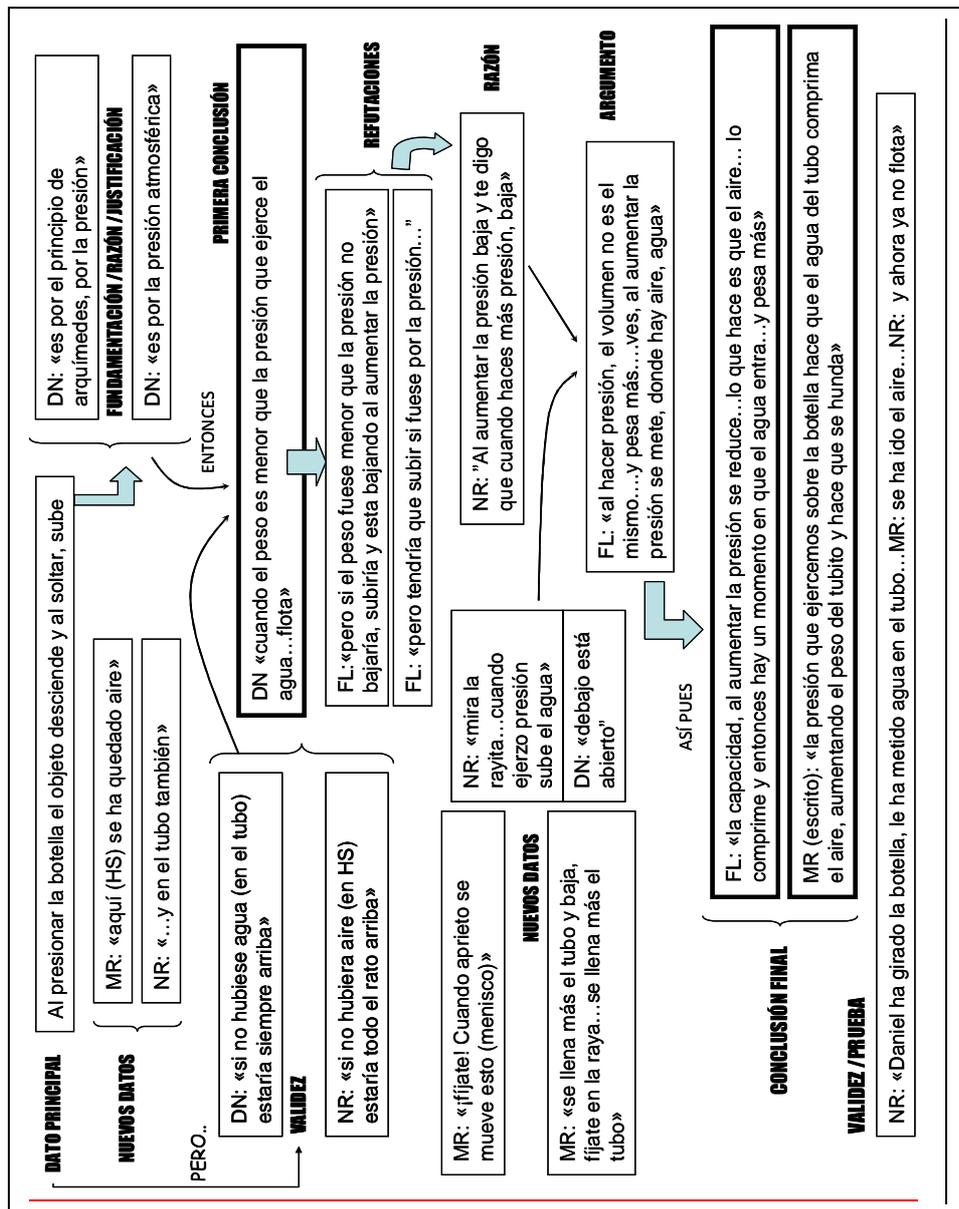


Figura 15. Cuadro resumen de elementos argumentativos de la «segunda experiencia»

Conclusiones. DN: «cuando el peso es menor que la presión que ejerce el agua...flota...» (L7); FL: «...lo que hace es que el aire lo comprime y entonces hay un momento en que el agua que entra...y pesa más» (L42); MN: «por la presión... llega el agua hasta arriba (tapón) hasta que no puede más y entonces empuja al tubo» (L46); MR: «la presión que ejercemos sobre la botella hace que el agua del tubo comprima el aire, aumentando el peso del tubito y hace que se hunda» (L78)

Justificaciones. DN: «es por el principio de Arquímedes, por la presión» (L2); DN: «pero si no hubiese agua, estaría siempre arriba» (L17), FL: «la capacidad al aumentar la presión se reduce» (L41)

Refutaciones. FL: «pero si el peso fuese menor que la presión no bajaría... subiría, y está bajando al aumentar la presión» (L24); FL: «pero tendría que subir si fuese por la presión» (L28)

Razones. NR: «al aumentar la presión baja y te digo que cuando haces más presión baja» (L26); FL: «lo que digo es que al hacer presión...el volumen no es el mismo» (L32); FL: «Es lo mismo pero hay un cambio de volumen, y lo ocupa el aire...ves al aumentar la presión se mete, donde hay aire, agua.... que es aquí» (L35)

Nuevos datos. MR: «aquí (en el aire del cuello de la botella, *-head space*, HS-) se ha quedado aire» (L3); NR: «y en el tubo también (hay aire)» (L5); DN: «mira, el tubito está lleno hasta la mitad» (L13); MR: «¡fíjate! cuando aprieto se mueve esto (el menisco del interior del tubo)» (L31); MR: «¡se llena más el tubo y baja!... ¡fíjate! ¡fíjate! en la raya (menisco)... se llena mas el tubo» (L34); DN: «Debajo está abierto» (L40); MR: «hemos comprobado que si le damos la vuelta esto no va (se ríen todos. Han volteado la botella liberando el aire del tubo y éste, lógicamente, se ha hundido)» (L72)

Validez. DN: «si a esto le quitamos el agua estaría siempre arriba» (L19); NR: «eso estoy diciendo, que si no hubiera aire (espacio de cabeza) estaría todo el rato arriba...» (L22);

En los dos casos analizados hasta el momento se desprende del análisis de las filmaciones que los alumnos quedan gratamente sorprendidos e inquietados por el efecto. El interés es netamente manifiesto por muchos detalles, gran parte de ellos no verbales, pero en muchas ocasiones exteriorizados oralmente. En este grupo, en concreto, se puede destacar el comentario de una estudiante hacia mitad de la grabación, cuando ya se han aportado ideas, comprobado una y otra vez el efecto, etc. que muestra el grado de implicación que se ha adquirido en la actividad al decir: «nos tienes en un sin vivir profesor» (L28). El interés que la actividad ha suscitado es obvio y, a la luz de los resultados, ha conducido al alumnado hacia un ejercicio de práctica argumentativa sumamente productivo

Tercera experiencia. Grupo de 4º de ESO para el cual el investigador es un desconocido. Grupo de un centro público ubicado en una localidad periférica perteneciente al área metropolitana de Valencia. Bastante homogeneidad étnico-cultural del alumnado. La experiencia se presenta sin que los alumnos sepan exactamente en qué consiste. La clase se divide en pequeños grupos (de 4-5 alumnos). Se plantean tres experiencias distintas y se pide a los alumnos que elijan una (sin saber qué se les va a solicitar). Las tres experiencias *lúdico-sorprendentes* ya captan la atención de todos los alumnos. Eligen una de las tres. La situación que se les 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 figura 16.

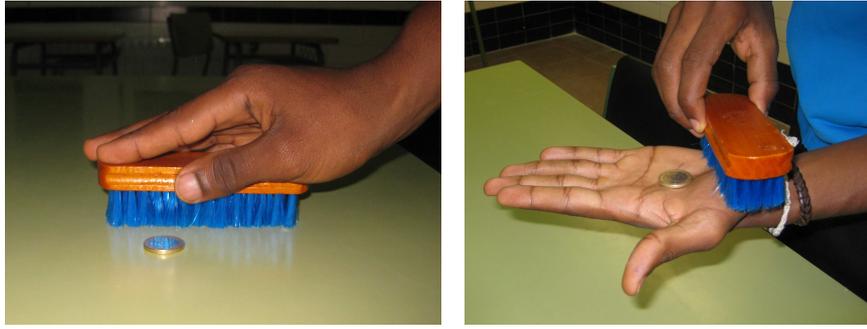


Figura 16 La moneda puede arrastrarse fácilmente con un cepillo sobre la superficie de la mesa (izq.), pero resulta imposible arrastrarla sobre la palma de la mano (der.).

Se les 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. 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.

La riqueza de elementos argumentativos en este grupo es mayúscula. Resulta hartamente complicado elaborar un esquema con todos ellos puesto que sería de dimensiones un tanto excesivas para una memoria de este tipo. A continuación se detallan algunos de los elementos más reseñables:

Conclusiones: JC: «...es por la superficie de la mano [gesto de concavidad de la palma de la mano]...» (L.1); NR: «Cuando los pelos

tocan la mano, lo que hacen es tirar los pelos hacia atrás y permitir que la moneda pase sin empujarla» (L.19); NR: «Sí, es por la grasa de la piel» (L.56); [tras recortar las cerdas de un cepillo]... NR: «al ser más cortas [las cerdas] se doblan menos y empujan mejor» (L.118)

Justificaciones: NR: «...aquí [en la mesa] es más lisa la superficie y los pelos deslizan y no se tiran para atrás, sin embargo en la mano los pelos se, se... contraen cuando haces así [presiona] se tiran hacia atrás y permiten que la moneda pase [por debajo]...» (L.23); JC: (al probar sobre una mochila) «Es por las hendiduras, porque date cuenta que el cosido que tiene es como la piel, si lo estiras mucho se estiran» (L.52).

Refutaciones, uso de pruebas: JC: «No, mira [cepilla la moneda en el dorso de la mano], aquí tampoco va...» (L3); RS: «aquí tampoco va» (L.3-4); NR: «Entonces no es porque sea curva, porque aquí (el brazo) está liso,... entonces es por la superficie de la piel» (L.5); NR: «también lo hemos hecho en el brazo y no se movía» (L78); NR: «...en la cartera también se doblan los pelos y entonces pierden fuerza» (L.100).

Fundamentaciones: NR: «...por la fricción. Hay menos fricción al pasar así [con las cerdas apenas tocando la mano, sin presión]» (L.20); JC: «...la mano tiene una hendidura aquí en medio» (L.75); NR: «...si aprietas (contra la mano) más, todavía peor porque hay más rozamiento» (L.115).

Razones: JC: «...entonces, cuando tú la estiras, la pones totalmente plana, y si que hace todo el esfuerzo» (L.68); un miembro del grupo se coloca un folio encima de la mano y la moneda es arrastrada sin problemas... (afirmación de conclusiones previas), VL: «es por la piel» (L.92); JC: «...ahí influye el sudor que hay en la mano también» (L.54).

Nuevos datos: JC [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...» (L.50); JC: coloca un folio sobre la mano y prueba (L.91)

Validez, ámbito de aplicación: [Un miembro del grupo barre con las cerdas casi paralelas a la superficie sobre la que se apoya la moneda] RS: «Así no vale» [se había impuesto en la presentación que el cepillo estuviese con el mango paralelo a la superficie] (L.59); VL: «...a ver tu piel que es diferente» (L:55); VL: «pero también cuesta más ¿no?, no es igual...no es ... rápido (lo hace en la mesa)» (L.73); NR: «...y si los pelos fueran más cortos para hacer más fuerza» [cortan los pelos del cepillo y experimentan en la nueva situación] (L.108).

Incluso, y a diferencia de otras ocasiones, se solicita una conclusión final por escrito a los grupos, obteniéndose las siguientes:

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» (figura 17).

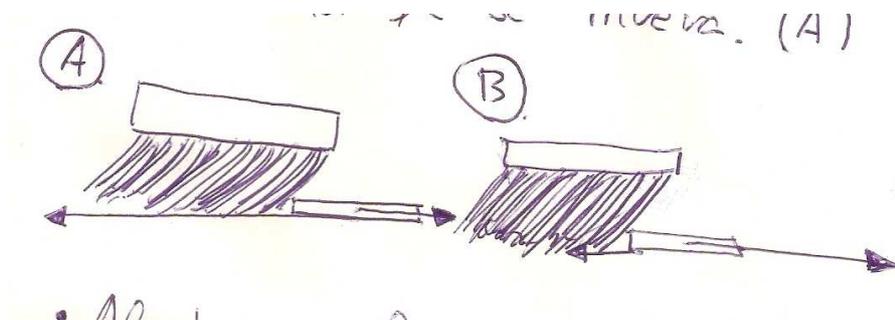


Figura 17. Esquema dibujado por el grupo A para apoyar sus argumentos

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

En definitiva, obviamente se ha generado 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 en 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), variando las condiciones (modificando ángulos de aplicación del cepillo, cortando las cerdas), proponiendo diversas conclusiones y, en muchos casos, sus refutaciones, y asumiendo una conclusión final escrita.

Cuarta experiencia. Grupo de 4º de ESO. Instituto urbano periférico. Heterogeneidad de niveles y étnico-cultural. No son alumnos del investigador. Se les plantea la actividad de «¿Por qué sube el agua?» dentro de un recipiente colocado boca abajo sobre un plato con agua y con una vela en su interior, como se muestra en la ficha del aparatado anterior y en la figura 18, en la que se puede observar la realización de la experiencia. Se divide a la clase en grupos de 4-5 alumnos y se les solicita que expliquen el efecto observado. Incidentalmente, cabe reseñar que este es el experimento con más larga historia y uno sobre los que se ofrecen explicaciones más variadas y –en ocasiones- erróneas, de los comentados en esta memoria [Vera et al. 2011]

Por no incidir en la elaboración de esquemas, se vuelve a listar algunos de los elementos del discurso argumentativo. Si bien no es tan

rico como en el ejemplo anterior, sí que reúne condiciones suficientes como para afirmar que la calidad argumentativa es más que aceptable. Seguidamente se muestran algunos ejemplos:

Justificaciones: TÑ: «la vela se apaga porque se acaba el oxígeno» (L.1); ST: «no porque hay rugosidades en el plato, por eso él pone la moneda» (L.30); TÑ: «sí, hace efecto ventosa... por eso puede subir el agua» (L.31).

Conclusiones: JL: «porque ya no hay oxígeno y le hace subir para arriba» (L.3.); TÑ: «...es el efecto ventosa. Cuando haces el efecto ventosa desplazas todo el aire y no queda aire y entonces se pega (una ventosa), pues aquí, al no haber oxígeno, pues hace el efecto ventosa y sube el agua» (L.45); TÑ: «por eso, por el oxígeno» (L.103); TÑ: «al encerrar la vela, la vela va consumiendo el oxígeno y lo va convirtiendo en dióxido de carbono. Lo que supongo es que al consumirse el oxígeno hace como un efecto ventosa y eso produce que el agua ascienda en el vaso» (L.118).



Figura 18. Imágenes del desarrollo de la «cuarta experiencia»

Fundamentaciones: TÑ: «Ya está, el agua tiene oxígeno... el dióxido de carbono baja y hace que el agua suba» (L.5); TÑ: «entonces hemos

quedado que se apaga la vela porque consume todo el oxígeno, y desprende dióxido de carbono, y el dióxido de carbono como pesa menos (quiere decir mas con gestos) que el oxígeno, baja» (L.20); ST: «la vela necesita oxígeno, vale» (L.97); TÑ: «y va consumiendo el oxígeno» (L.98); TÑ: «porque el dióxido de carbono pesa más que el oxígeno» (L.124).

Refutaciones: «espera, espera, que se ha producido dióxido de carbono» (L.4); RN: «pero con eso no te llega... por qué sube el agua no es eso» (L.23).

Datos: RN: (vuelve a encender la vela y dice): «¡mirad chicos, mirad! Ha salido espumita (burbujas). Pero escúchame, que ahí no hay agua, no hay agua ¡eh!... mira ahora se está llenando, se está llenando...ahora se acaba de llenar» (L.94); RN: «cuando lo metes rápido no hay casi agua dentro y luego ya se va llenando» (L.100).

Como se observa hay elementos variados y, a pesar de que las conclusiones y el razonamiento no son acertados, no por ello deja de ser interesante el hecho de que los alumnos no cejan en su empeño de intentar explicar el fenómeno. Al final de la sesión, como es habitual, la explicación correcta es ofrecida y explicada por los profesores. Fuera de cámara se comprueba el seguimiento con interés por parte del alumnado.

6.3. RESULTADOS DE PROFESORES QUE HAN ASISTIDO A UN CURSO DE FORMACIÓN ESPECÍFICA

6.3.1 Cuestionarios

Ya se ha mencionado en capítulos anteriores que el uso de la ciencia recreativa parece ir últimamente en aumento. Más allá de los ámbitos divulgativos o del “entretenimiento” (TV, etc.), en situaciones

altamente formales también empieza a jugar un papel importante. Como se comentó, asignaturas universitarias, talleres o cursos variados ofrecen la posibilidad de adquirir una formación más específica en el uso de estas metodologías.

Como complemento a esta investigación, se han realizado varios cursos promovidos y organizados por la red de Centros de Formación del Profesorado de la Comunidad Valenciana (CEFIRE). Aprovechando esa coyuntura, tras la finalización de dichos cursos, habida cuenta que su duración permitió la experimentación por parte de los docentes de las actividades incluidas en dichos cursos, los participantes respondieron un cuestionario similar al que se propuso para los profesores en formación (CAP) y que fue utilizado para la validación de la primera hipótesis. En este caso, alguna pregunta más específica facilita y complementa el análisis final. Los resultados obtenidos en dichos cuestionarios, son analizados desde distintos puntos de vista.

En primer lugar, la cuestión 2 se equipara y compara con los resultados de la misma tabla de ítems contestada por los alumnos y utilizada en el análisis previo (primera hipótesis), de manera similar al procedimiento que se ha llevado a cabo en los apartados anteriores. Por otra parte, la misma cuestión se compara con las respuestas dadas por los profesores en formación (CAP) a la solicitud de valoración de dichas prácticas en su futura labor docente.

El grupo de profesionales que siguió los mencionados cursos ($N=32$) es bastante heterogéneo, incluyendo profesores de secundaria de *Física y Química*, de *Biología y Geología*, de *Tecnología*, de *Matemáticas*, profesores de Educación Primaria y profesores de Educación Infantil. Igualmente, hay profesores de enseñanza pública, de concertada, con muchos y con pocos años de experiencia,

funcionarios de carrera, en prácticas e interinos, por lo que, como muestra del profesorado en activo, se puede afirmar que resulta bastante representativa.

Los resultados se muestran en la tabla 26 y, al igual que se realizó en el apartado inicial de este capítulo, las diferencias con las muestras analizadas en la validación de la primera hipótesis son las que aportan datos más esclarecedores. Los resultados reflejan valores curiosos que admiten varias observaciones. En cuanto a la validación de la hipótesis se refiere, tanto en comparación con las respuestas de los alumnos como con las de los profesores en formación obtenidas en el análisis previo, se observa que hay ciertas diferencias en las prácticas metodológicas relacionadas con la ciencia recreativa. El uso de juegos y juguetes es mucho mejor valorado por los docentes que han recibido formación específica, tanto al compararlo con las opiniones de los alumnos del grupo de control como con las de los profesores en formación, verificándose un aumento de la puntuación media obtenida de 2,3 y 2,57 respectivamente (con $p = 0,000$ y $0,001$ respectivamente). En cuanto a las experiencia demostrativas, sí que se observa un cambio significativo respecto de las opiniones de los alumnos (aumento de 1,91 con $p=0,000$), pero este cambio no es significativo al compararlo con los profesores en formación, tal vez porque éstos sean más conscientes del potencial de este recurso al comprender mejor su significado. Una vez más, el desconocimiento del uso de juegos y juguetes hace que al habituarse a su uso, éste se valore de forma mucho más positiva.

Tabla 26. Valores promedio de la pregunta 2, correspondientes a los profesores que han recibido formación específica (N=32).

PRÁCTICAS METODOLÓGICAS	Profesores Formados	Análisis Previo alumnos	P (Mann-Whitney)	Profesores Formados	Profesores en formación	P (Mann-Whitney)
Prácticas de laboratorio	8,31	7,39	0,016	8,31	8,22	0,472
Trabajos de taller	7,34	7,20	0,198	7,34	5,87	0,008
Explicaciones teóricas	5,84	4,27	0,012	5,84	7,57	0,025
Visitas a fábricas...	7,59	6,78	0,321	7,59	7,22	0,808
Uso de juegos y juguetes	8,22	5,89	0,000	8,22	5,65	0,001
Problemas numéricos	5,41	3,90	0,007	5,41	7,87	0,001
Vídeos	7,06	5,61	0,005	7,06	6,57	0,427
Comentario de noticias	6,75	5,35	0,002	6,75	6,96	0,473
Tertulias, debates	6,25	6,42	0,408	6,25	6,96	0,153
Experiencias demostrativas	8,47	6,56	0,000	8,47	8,39	0,727
T. investigación	7,41	6,29	0,041	7,41	6,39	0,089
Elaboración de murales	6,89	5,59	0,033	6,89	5,65	0,077
Uso de ordenadores	8,28	8,36	0,237	8,28	7,23	0,099
Rol-playing	6,81	7,33	0,215	6,81	6,00	0,457

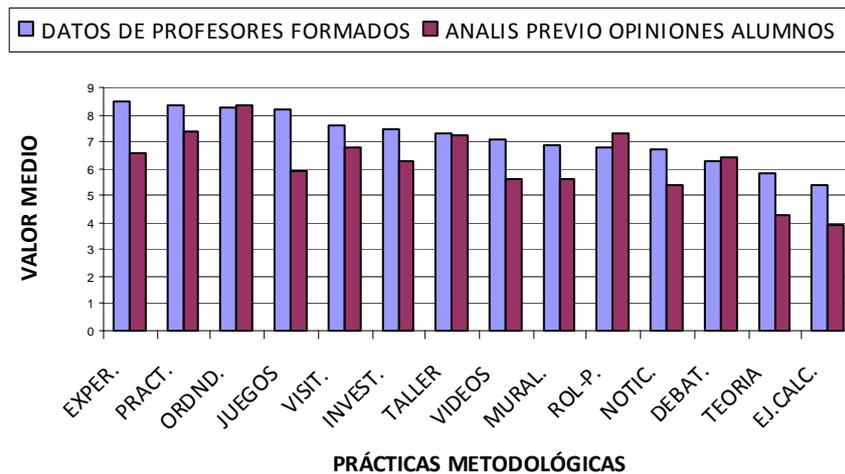


Figura 19. Comparativa de las respuestas a la pregunta 2 de los profesores ($N=32$) con alumnos

Análogamente a lo realizado con anterioridad, en la figura 19 se puede ver la diferencia y el ranking de las valoraciones al compararlo frente a la opinión de los alumnos (grupo de control). Una vez más, es de resaltar el cambio en las posiciones de los dos recursos mencionados, pasando los juegos y juguetes de la posición 9ª a la 4ª y las experiencias demostrativas de la 6ª a la 1ª.

Es también notorio que las explicaciones teóricas y los ejercicios de cálculo numérico están ubicadas en las últimas posiciones, aunque luego, paradójicamente, numerosos estudios confirman que son los recursos metodológicos más utilizados (siendo muy valorados por los profesores en formación).

No es el objeto de este trabajo analizar este detalle, por otra parte muy *manido* dentro del cuerpo de conocimientos de la Didáctica de las Ciencias, pero sí que resulta interesante constatar que tanto profesores como alumnos coinciden en este punto, aunque luego no tenga repercusión real en las aulas.

Por otra parte, el cuestionario al que respondieron los profesores asistentes a los mencionados cursos incluía varias preguntas adicionales, como se mostró en el capítulo anterior.

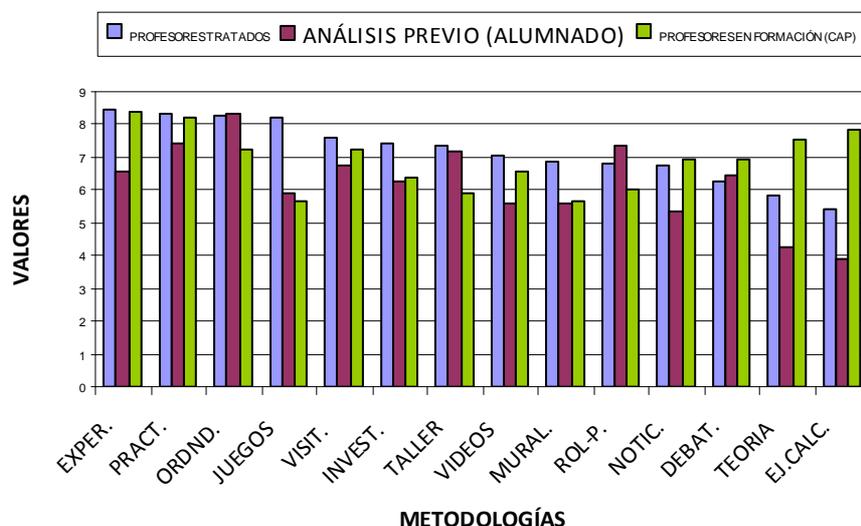


Fig. 20. Comparativa respuestas profesores formados-alumnos (análisis previo) profesores en formación

La pregunta 4, «consideras que conviene incluir actividades de ciencia recreativa como parte de la práctica metodológica habitual», fue respondida con un *sí* en el 100 % de los cuestionarios.

El número de respuestas de los diferentes ítems de la pregunta 5 se muestra en la tabla 27. Los resultados no dejan lugar a dudas. De manera mayoritaria, los profesores que han recibido formación específica en el uso de actividades de ciencia recreativa como práctica metodológica a tener en cuenta en las clases de asignaturas científico-tecnológicas, están muy de acuerdo en que mejora la motivación del alumnado, que hace aumentar el interés del alumnado por la asignatura y que favorece el aprendizaje de conceptos teóricos. La confirmación está en el mismo orden que la redacción, es decir, parece

que no hay ninguna duda, vista la unanimidad, de que aumenta la motivación, en menor medida el interés, y todavía en menor medida el hecho de favorecer el aprendizaje de conceptos teóricos.

Tabla 27. Resultados de la cuestión 5. «Elige la opción más acertada según tu opinión»

<i>El uso de elementos “recreativos”:</i>	Muy de acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
Mejora la motivación del alumnado	32	0	0	0
Hace aumentar el interés del alumnado por la asignatura	25	7	0	0
Favorece el aprendizaje de conceptos teóricos	19	13	0	0

6.3.2. Entrevistas

A pesar de que con los resultados obtenidos, al aplicar los diferentes instrumentos de análisis utilizados hasta este punto, parece más que aceptable dar por validada la segunda hipótesis, se ha dejado para el final un punto que, si bien no estaba previsto en el diseño inicial del presente trabajo, se ha considerado que podría aportar interesantes matices. Las entrevistas a varios profesores de Educación Infantil y Primaria que participaron en los cursos de formación en el uso de la ciencia recreativa, constituyen una ventana a la que asomarse al final de este trabajo, y que aporta cierta *frescura* entre la ingente cantidad de investigaciones centradas en la etapa de secundaria. Como primera aproximación a este *universo*, radicalmente distinto a la educación secundaria, pero inexorablemente unido a ella, puesto que en estas

etapas es donde se instalan los primeros *pilares* del conocimiento humano, se han realizado estas entrevistas, entre otras cosas, para sacar a la luz aspectos que tal vez pasan desapercibidos en otros tipos de investigaciones, ya que la realización de estudios o análisis como los de los apartados anteriores suele presentar serias dificultades [Gil-Quílez y Martínez 2008]. Las entrevistas, cortas en duración pero intensas en contenido, pretendían inicialmente confirmar o desmentir las opiniones reflejadas en los cuestionarios y por ello, se formularon preguntas que apuntaban, de manera bastante directa, en esta dirección.

No obstante, extractos interesantes de las conversaciones, alejados de la intención inicial, tienen cabida en el presente trabajo como curiosidad y como punto de partida para reflexiones ulteriores. Como dice Quinn [2002]: «el reto de un análisis cualitativo reside en dar sentido a cantidades ingentes de datos. Esto incluye reducir el volumen de la información de partida, cribando lo trivial de lo valioso, identificando los patrones significativos y construyendo una estructura que comunique la esencia de lo que los datos han revelado».

Así pues, en este último punto, se han cribado ciertas afirmaciones incluidas en los comentarios emitidos por los profesores entrevistados y que constituyen *la estructura* que contiene la esencia de los datos aportados y que, al igual que el resto de resultados obtenidos con los diferentes instrumentos utilizados, confirma la hipótesis planteada en este trabajo de investigación:

1. Entrevistado (Juan): *Maestro de educación primaria, 27-28 años de docencia*

-Pregunta: ¿Utilizas elementos de ciencia recreativa...crees que eso es útil?

-*Respuesta:* Los chicos comprenden mejor así y los conceptos, los conceptos que son complejos, de mates, de fuerzas o lo que sea, ellos mismos lo experimentan. Lo hacen jugando y el concepto así entra más fácil y el objetivo se consigue así, claro.

-*Pregunta:* Los niños... ¿tú crees que tienen más interés haciéndolo así?

-*Respuesta:* El interés es total... «¿Cuándo vamos al laboratorio?! ¿Cuándo vamos al laboratorio?!», lo piden ellos constantemente... son actividades muy amenas, muy prácticas y que les gusta, por eso siempre lo piden.

-*Pregunta:* Crees que ellos entienden mejor así los conceptos y los procedimientos científicos...

-*Respuesta:* Es que claro, también así lo ven... si no lo tocas no lo ves. Si explicas el ciclo del agua... vale, muy bien la teoría, el dibujito, pero cuando ellos ven que tú calientas el agua que se evapora, que se produce la condensación y caen las gotas, están viéndolo, es mucho mejor que en la teoría....

[*Sin pregunta concreta*]... Ellos quieren toquetear todo. Conceptos como el de la presión, o lo que sea, a ellos les interesa que sea toqueteando y cuanto más divertido, mejor.

2. Entrevistada (Concha): *Maestra de infantil, 24 años de docencia.*

- *Pregunta:* ...¿y los niños se lo pasan bien (utilizando la ciencia recreativa)?

-Respuesta: Los niños se lo pasan fenomenal, si vieras la foto que tengo de Lucía con los ojos muy abiertos cuando miraba el palito atravesando la bolita... ellos se lo pasan “superbien”. Si tú haces una cosa que ellos la manipulan, que ellos la hacen y tiene un resultado, eso es lo mejor, es decir experimentar, manipular y el resultado... el resultado tiene que ser enseguida, inmediato, a corto plazo. Cuando tú haces eso, tienes el éxito asegurado con los niños.

-Pregunta: Y ellos, ¿son conscientes de que están haciendo ciencia, entre comillas, cuando hacen eso?; ¿tú les dejas caer que eso que están haciendo es ciencia?

-Respuesta: No es que yo lo deje caer, es que lo dicen ellos: «señor estamos experimentando, estamos haciendo experimentos, somos científicos».

-Pregunta: y tú, ¿notas que aumenta su interés?

-Respuesta: Les interesa muchísimo. Ellos, el día (*los jueves en este caso*) que no hacen experimentos les falta algo... () ...Además, ellos lo hacen aquí y cuando van a casa se lo hacen a sus padres se lo dicen a sus padres y los padres, algunos no tienen ni idea (...). Y los niños sí, ellos solos llegan a las conclusiones, de una manera muy elemental, a su nivel, pero llegan a sacar conclusiones.

-Pregunta: Y ¿tú crees que eso motiva de cara a la formación científica futura de los niños?

-Respuesta: Sí, claro que sí, claro que motiva y yo te diré por qué, porque, por ejemplo, cuando ellos van luego a segundo o a tercero (*de primaria*)... ()... ellos se acuerdan que un litro es lo que estaba en la botella del experimento que hicieron en infantil...() ... porque la

mente de ellos (*en primaria*) está más cuadrículada. En infantil su mente no está tan cuadrículada y entonces ellos lo ven. Tienen la mente como más elástica...(*yo*): *más abierta*y después eso lo aprovechan.

-*Pregunta*: ¿Tú crees que depende de la formación que tenga el maestro?

-*Respuesta*: Sí, sí, pero también influye el ambiente de motivación que tengan los compañeros... ()... todos mis compañeros saben que todos los niños van a tener sesiones de experimentos. Ellos están encantados. Yo creo que si motivas a los niños....En infantil, todo lo que sea motivar a los niños a nosotros también nos motiva y tú ves ahí un resultado.

3. Entrevistada (Candela): *Maestra de educación infantil. 5 años de docencia*

-*Pregunta*: ¿Trabajas contenidos científicos? ¿Cómo?

-*Respuesta*: Pues cojo un contenido científico y busco un cuento. Cuento ese cuento de una manera muy sencilla, de una manera que puedan llegar a entenderlo. Después se hacen tres o cuatro experimentos manipulativos.

-*Pregunta*: ¿Tú piensas que eso es muy útil, poco útil, como piensas que es la utilidad de estos experimentos con los niños?

-*Respuesta*: Ellos con el contacto.... a veces con el cuento pueden llegar a entender el concepto... pero luego el experimento es lo que

les atrae, verlo plasmado. Y luego van a casa y se lo cuentan a sus padres.

-Pregunta: ¿Tú crees que eso puede influir en su interés por la ciencia en general, o crees que ellos no tienen mucha idea de que eso está relacionado con la ciencia?

-Respuesta: Sí, sí yo creo que sí porque, por ejemplo, te explico: una compañera mía hace un taller de arte y, por ejemplo dan un pintor, dan Miró, dan Kandisky... y después con los padres se van a un museo a Madrid y se quedan alucinados de que sus hijos sepan qué pintor es. En ciencia pasa exactamente lo mismo: un niño puede llegar a entender perfectamente el concepto de densidad. Si es capaz de entender a Kandisky, ¿cómo no va a entender la densidad! Son esponjas que lo absorben todo... (*yo pregunto por su interés científico en un futuro*)... Sí, seguro, pero también yo pienso que a lo mejor en primaria... si no funciona en la misma línea... porque claro nosotros ni utilizamos libros... () ... yo pienso que se rompe. Si después el aprendizaje es solo memorístico pueden llegar a quitar todo aquello de los experimentos; (opinión coincidente con algunas investigaciones al respecto [Appleton y Kindt, 1999])

-Pregunta: ¿Y por qué crees que trabajan más con el libro, porque es más fácil?

-Respuesta: No sé, la verdad no lo sé, ¿porque así son más autónomos los estudiantes?... ()... Los experimentos es lo mejor porque son manipulativos y todo lo que sea así les encanta a los chavales... () ... como además tienen una parte de magia que ellos no saben lo que van hacer, a trabajar... hipótesis anticipadas, etc. (...) es más motivador

Fuera de grabación se recogen comentarios muy interesantes que lamentablemente se han perdido para este trabajo. No obstante, cabe mencionar uno, que si bien no es literal, sí recoge el sentido de la entrevistada y que sería muy injusto no incluirlo en este trabajo, ya que aporta una visión que quizás debería tenerse muy en cuenta en futuras líneas de investigación:

Candela: ...la mayoría de mis compañeros en la facultad habían estudiado un bachillerato de letras... muchos de ellos odiaban las ciencias y casi ninguno entendía demasiado bien su significado... aprobaban las asignaturas relacionadas con la ciencias y las matemáticas, como buenamente podían, y en muchas ocasiones con increíbles esfuerzos memorísticos, carentes de sentido crítico o comprensión última.... con este panorama, ¿cómo va a ser la educación científica de los niños cuando ejerzan su profesión?

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

La investigación en didáctica de las ciencias ha puesto de manifiesto un creciente desinterés hacia las materias científico-tecnológicas por parte de los estudiantes. Esto ha dado lugar a numerosos trabajos dedicados a la detección de los aspectos concretos de este problema y a la búsqueda de soluciones plausibles y adecuadas a los diferentes contextos (temporales, socioculturales, etc.).

En este trabajo nos hemos centrado en uno de las posibles causas de dicho desinterés: la percepción generalizada de que las materias científicas resultan tediosas y aburridas.

La verificación de este hecho y la búsqueda de soluciones, nos llevaron a emitir la primera hipótesis de este trabajo, expresada como:

El uso de juegos, juguetes y pequeñas experiencias recreativas no es suficientemente tenido en cuenta en la actual enseñanza de las ciencias y la tecnología, lo cual puede generar una imagen de ellas como algo aburrido y contribuir a la desmotivación del alumnado.

Hemos construido un diseño múltiple con el cual analizar el contenido de los textos, así como las opiniones de los profesores y la de los alumnos. En líneas generales, y a la vista de las respuestas obtenidas, podemos concluir que la hipótesis ha quedado demostrada, ya que el

análisis de los resultados ha puesto de manifiesto las conclusiones que exponemos a continuación.

1. LIBROS DE TEXTO

Los libros de texto, que son el instrumento más utilizado por los profesores y alumnos en el proceso habitual de enseñanza-aprendizaje, prestan una escasa atención a la ciencia recreativa como recurso metodológico motivador, ya que:

- Aparecen pocas referencias a elementos de ciencia recreativa en los libros de texto analizados (< 10 % de sus páginas). Una buena parte de ellas hacen referencia exclusiva a deportes, los cuales pueden, sin duda, tener un carácter lúdico, aunque por lo general éste no es su principal objetivo.
- Los libros de texto suelen contener una información gráfica extensa, pero aparecen pocas imágenes referentes a ciencia recreativa. Cuando aparecen este tipo de recursos metodológicos, suelen tener escaso valor educativo, incluyéndose como elementos poco más que *decorativos*.
- Se proponen muy pocas actividades *recreativas* (un 1,61% de las actividades propuestas se pueden considerar como *actividades recreativas*).
- La mayoría de las referencias a ciencia recreativa encontradas pueden catalogarse como de *escaso valor educativo*, ya que suelen aparecer en apartados marginales, como elementos de mera observación o, a lo sumo, como ejemplos puntuales tratados de manera superficial.

- La mayoría de las referencias encontradas aparecen concentradas en pocos temas, estando totalmente ausentes en algunos otros.

2. PROFESORADO

Los profesores en formación reconocen el escaso uso de elementos *recreativos* durante su etapa de formación académica, pese a encontrar en ellos un interesante recurso metodológico para su futura práctica docente, ya que los profesores encuestados:

- Valoran el uso de juegos y juguetes por parte de sus profesores con un 1,52 y el de pequeñas experiencias demostrativas con un 2,0 (en una escala comprendida entre 0 y 10).
- Otorgan a los elementos considerados como *recreativos* (juegos, juguetes y pequeñas experiencias) una puntuación elevada al preguntarles por el interés en su uso durante su futura etapa docente (un 5,65 y un 8,39 respectivamente en una escala comprendida entre 0 y 10).
- Sugieren el uso de este tipo de recursos como elementos que mejorarán el interés de sus futuros alumnos por las clases de ciencias (más de un 21% de las propuestas realizadas al respecto).

3. ALUMNOS

Los alumnos muestran una escasa motivación hacia el estudio de las materias científicas al considerar la enseñanza de las mismas aburrida, excesivamente teórica y carente de interés y utilidad, valorando positivamente los recursos metodológicos que potencialmente puedan cambiar esta percepción. Entre las opiniones de los alumnos, encontramos que:

- Las materias científicas resultan aburridas, otorgando a la *Física* y *Química* una puntuación de 2,25, al elegir entre cuatro únicas opciones (1=muy aburrida, 2=aburrida, 3=divertida y 4=muy divertida; valor central 2,5). Concretamente, estas valoraciones las sitúan en la 5ª asignatura más aburrida de entre las 10 generales en 3º y 4º de E.S.O. (la 6ª en el caso de haber lengua autonómica).
- La *Física* y *Química* resulta muy ligeramente interesante (media de 2,69, de entre 4 opciones graduadas 1=sin interés ... 4=muy interesante).
- La *Física* y *Química*, pese a obtener una puntuación aparentemente aceptable en términos de utilidad: 2,71 en una elección de cuatro opciones (1=inútil ... 4=muy útil), es considerada la asignatura más inútil tras la *Música* y la *Educación Plástica*.
- La asignatura de *Física* y *Química* resulta excesivamente teórica, obteniendo un valor medio de 2,29 al elegir entre cuatro opciones (1=muy teórica ... 4=muy práctica).
- En general, las materias científicas son difíciles: 1,96 para *Física* y *Química* (1=muy difícil ... 4= muy fácil), resultando ser la asignatura considerada como la más difícil.
- Los elementos metodológicos tradicionales, como las explicaciones teóricas y los ejercicios numéricos, son, con mucho, peor valorados que los recursos de ciencia recreativa (como los juegos, juguetes o pequeñas experiencias). La calificación que obtienen, es 4,27 y 3,90, respectivamente, frente a 5,89 y 6,56 (en una escala comprendida entre 0 y 10).

- El uso de juegos y juguetes por parte del profesorado es escaso, ya que se entregaron bastantes cuestionarios con este ítem sin puntuar. Incluso, en algunos casos aparece explícitamente la pregunta «¿qué es uso de juegos y juguetes?».
- Un 13% de las propuestas solicitadas a los alumnos para conseguir mejorar su interés por las materias científicas tienen alguna relación con hacer estas asignaturas *más entretenidas* o *menos aburridas*.
- La asignatura de *Biología y Geología* muestra unos resultados muy similares a la de *Física y Química*, si acaso, muy ligeramente peor en los resultados globales (2,35 frente a 2,38).
- En líneas generales, la asignatura de *Tecnología* no sigue la pauta mostrada por las materias científicas, resultando aceptablemente valorada por los alumnos en términos de aburrimiento, interés, dificultad, utilidad y utilidad práctica (valor medio global de 2,85, siendo la 2ª mejor valorada tras *la Educación Física*).

Por lo tanto, vemos que todas estas conclusiones verifican la hipótesis, tanto en sus términos de escasa atención prestada a los recursos metodológicos *recreativos*, como a la visión por parte del alumnado de un área científica excesivamente aburrida y, por ello, una consecuente desmotivación y ausencia de interés en su aprendizaje. El único punto relativamente contrario a la hipótesis es la consideración de la *Tecnología*. A lo largo del presente trabajo se ha ido perfilando la idea de que la *Tecnología* no podía ser tratada del mismo modo que las *Ciencias de la Naturaleza* y efectivamente así se ha confirmado, aunque el análisis detallado de estas diferencias escapa a las intenciones de este trabajo.

Además de esta primera hipótesis, que constituye un análisis o diagnóstico de la situación, se ha emitido una segunda hipótesis que, al verificarse la primera, cobra una especial relevancia. Esta segunda hipótesis quedó formulada como:

El uso de elementos de ciencia recreativa en la práctica docente, tales como juegos, juguetes y experiencias demostrativas de marcado carácter lúdico, mejora los aspectos motivacionales en las clases de ciencias, y facilita la adquisición de competencias científicas argumentativas.

Tras la aplicación de los instrumentos de análisis descritos anteriormente, podemos concluir que se da por verificada la hipótesis, ya que el análisis de los resultados obtenidos arroja las siguientes conclusiones:

1. OPINIONES DEL ALUMNADO.

Los alumnos que han trabajado habitualmente en clase con elementos de ciencia recreativa valoran muy positivamente el uso de estos elementos ya que:

La valoración de los alumnos que han trabajado con elementos de ciencia recreativa respecto al uso de juegos y juguetes es significativamente más favorable que la que se obtuvo en la fase de diagnóstico (grupo de control), pasándose de un valor medio de de 5,89 a 8,12 (sobre 10) existiendo diferencias significativas entre ambos grupos ($p=0.000$ en test Mann-Whitney).

- Análogamente, la valoración de las experiencias demostrativas de los alumnos tratados respecto al grupo de control es también

notablemente significativa, pasándose de un valor medio de 6,56 a 8,05 (con $p=0,000$ en test de Mann-Whitney).

- La posición relativa de los elementos de ciencia recreativa respecto al resto de metodologías evaluadas por los alumnos, cambia sustancialmente al comparar los *rankings* generados por los alumnos que han tenido contacto con estas actividades frente a los del grupo de control (de 9ª posición a 3ª en el caso de juegos y juguetes, y de 6ª a 4ª en el caso de las experiencias) lo cual resulta significativo al confirmar que los aspectos peor valorados son los mismos en ambos grupos.
- Al solicitar al alumnado propuestas de factores o metodologías que hicieran aumentar su interés hacia los estudios y las asignaturas científico-tecnológicas, los alumnos que han *disfrutado* de este tipo de actividades las valoran y consecuentemente las proponen al responder dicha cuestión. Así, vemos que frente a un 3,98 % de propuestas relacionadas con experiencias demostrativas en el grupo de control, se pasa a un 17,38 % en el grupo experimental. Análogamente, las propuestas para hacer la clase *menos aburrida* o *más divertida* aumentan considerablemente en los alumnos que han *convivido* con una metodología que incluye aspectos más lúdicos, pasándose de un 6,69 % del total de propuestas en el grupo de control a un 14,47 % en el experimental.
- En los grupos en los que se realizó un análisis previo y uno posterior al *tratamiento* también se obtuvieron diferencias significativas en las valoraciones de las metodologías *recreativas*. Así, entre el principio y el final de curso las opiniones respecto al uso de juegos y juguetes aumenta en promedio 2,54 puntos ($p=0,000$ en test Mann-Whitney) y las

referidas a experiencias demostrativas aumentan 1,63 puntos ($p=0,000$ en test de Mann-Whitney).

- En estos últimos grupos, también se observan cambios sustanciales de las metodologías de ciencia recreativa al analizarlas en relación con el resto de metodologías propuestas para su valoración, pasando los juegos y juguetes de la 9ª a la 3ª posición y las experiencias de la 8ª a la 4ª.
- Al igual que sucedía en la comparación con el grupo de control, al comparar las respuestas, previas y posteriores, a las preguntas que solicitaban propuestas para mejorar el interés por las clases de ciencias, se observa que al inicio de curso sólo un 4,85% de las propuestas incluían experiencias demostrativas, o *experimentos*, mientras que al final el valor es de un 16,47 %. También es significativo que al inicio sólo hubiera un 2,21% de propuestas relativas a hacer las clases *más divertidas* o *menos aburridas* mientras que al final este porcentaje supusiera el 15,98 del total de las propuestas.
- Al realizar la comparación de alumnos de bachillerato, los resultados no son tan espectaculares, como era de suponer, pero también hay diferencias notorias, especialmente en el caso de los juegos y juguetes, cuya valoración promedio en este grupo es 1,84 puntos superior al del grupo de control (con $p=0,007$ en test de Mann-Whitney) y un cambio en el ranking de la 9ª a la 4ª posición. La valoración de las experiencias demostrativas, si bien no sufre un aumento tan notable (1,11 puntos) sigue presentando una diferencia significativa respecto del grupo de control ($p=0,000$ en test de Mann-Whitney).

2. COMPETENCIAS ARGUMENTATIVAS.

Una de las claves para la validación de la hipótesis es el hecho de que los elementos de ciencia recreativa favorezcan la adquisición de competencias argumentativas por parte del alumnado. Este hecho ha quedado demostrado en los resultados, ya que:

- Se han analizado grabaciones de vídeo de actividades realizadas con grupos de alumnos, en las que se solicitaba la explicación de un fenómeno claramente identificable con lo que en este trabajo hemos denominado ciencia recreativa. En dichas actividades, se ha distribuido a los alumnos en pequeños grupos e intentado que la influencia del profesorado fuera mínima. En todos los análisis (según el modelo de Toulmin) a partir de las transcripciones de las sesiones grabadas, se ha encontrado los tres elementos básicos de la argumentación, así como una considerable riqueza de elementos argumentativos *secundarios* que contrasta con la escasa aparición de los mismos mostrada en las investigaciones previas al respecto de estas destrezas (Solbes et al. 2010).
- En los mencionados análisis de las grabaciones de video, se observa sistemáticamente un especial interés y participación de los alumnos que, lógicamente, conlleva a una mayor aparición de elementos *argumentativos*.

3. OPINIONES DE LOS PROFESORES.

Los profesores que han recibido formación específica en metodologías que incluyen sistemáticamente elementos de ciencia recreativa, consideran que estos elementos resultan muy interesantes para la práctica docente puesto que:

- Valoran el uso de juegos y juguetes con promedios muy superiores a los que se encontraron en las opiniones, tanto de los alumnos del grupo de control, como en las de los profesores en formación, con aumentos de 2,93 y 2,57 puntos relativamente (con $p = 0,000$ y $0,001$ respectivamente).
- El 100% opina que el uso de estas metodologías mejora la motivación del alumnado.
- El 79 % opina que el uso de estas prácticas metodológicas hace aumentar el interés del alumnado por las asignaturas científicas.
- El 59 % considera que los elementos de ciencia recreativa pueden favorecer el aprendizaje de conceptos teóricos
- Al ser entrevistados, docentes de Educación Infantil y Primaria confirman que este tipo de actividades es muy bien recibido por sus alumnos, aumentado su interés y mejorando, en general, el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

Por todo lo expuesto, y a la vista de los resultados comentados, podemos concluir sin lugar a dudas que las hipótesis planteadas han quedado demostradas.

Durante el desarrollo de este trabajo de investigación, se han observado resultados *sorprendentes* en cuestiones que quedaban fuera de los límites establecidos para que dicha investigación fuera abordable. Estas observaciones pueden ser un punto de partida para futuras investigaciones, y entre ellas, cabe destacar las siguientes:

- En este trabajo sólo se ha comprobado la repercusión del uso de elementos recreativos en la adquisición de competencias *argumentativas*. Podría resultar sumamente interesante

comprobar cuál es su influencia en la adquisición de otros aspectos relativos a otras dimensiones de la *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico* o de otras competencias más transversales.

- Igualmente, este trabajo se ha restringido básicamente a la ESO, con pequeñas incursiones en otros niveles educativos. Otras posibles líneas de investigación serían las que incidieran de manera más completa en esos niveles educativos. A la vista de los resultados, parece sumamente interesante profundizar en etapas previas de educación, ya que los apuntes del profesorado al respecto de la educación infantil y primaria son bastante prometedores.
- Análogamente, las hipótesis se han centrado en el alumnado, utilizando el profesorado como elemento externo que servía para verificar o refutar la hipótesis. Otra línea de investigación puede resultar al enfocar el análisis sobre el profesorado.
- Por último, también podría resultar interesante el estudio del uso de estos recursos metodológicos a lo largo de la historia o incluso en distintos lugares geográficos, constituyendo una investigación multidisciplinar con presumibles resultados interesantes, ya que parece, a juicio de los autores de este trabajo, que dicho uso ha estado sometido a drásticos altibajos a lo largo de la historia sin motivo aparente.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- ACCUM, F. (1836). *Recreaciones químicas*, Paris-Valencia, Valencia (facsimil ed. Leconte, París, 2000).
- ACEVEDO DÍAZ J.A. (1998) Tres criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. En E. BANET y A. DE PRO (Eds.), *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, Vol. I. (DM Murcia), pp. 7-16.
- ADAR L. (1969) *A theoretical framework for the study of motivation in education*, Hebrew University School of Education, Jerusalem.
- ADCOCK L.H. (1998) The egg in the bottle revisited: Air pressure and Amontons' law (Charles' law), *Journal of Chemical Education* 75, 1567-68.
- AIKENHEAD G.S. (1988) An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics, *Journal of Research in Science Teaching* 25, 607-627.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS) (1993). *Benchmarks for Science Literacy*, American Association for the Advancement of Science.
- ANDERSON R.D. & MITCHENER C.P. (1994) Research on science teacher education. En GABEL, D.L. (Ed.) *Handbook of Research on Science Teaching Education*, New York: Macmillan Pub. Co.
- APPLETON K. y KINDT I. (1999) Why teach primary science? Influences on beginning teachers' practices. *International Journal of Science Education* 21, (2) 155-168 .

- AUSUBEL D.P., NOVAK J.D. y HANESIAN H. (1978) *Educational psychology: a cognitive view*, Holt, Rinehart, and Winston, New York.
- BANET E. y NÚÑEZ F. (1997) Teaching and learning about human nutrition: a constructivist approach, *International Journal of Science Education* 19, 1169-1194.
- BRANDLI A. E. (1980) How can we explain physics to a kindergarten student, *American Journal of Physics* 48, 507-508.
- BRISCOE C. (1991) The dynamic interactions among belief, role metaphores and teaching practices. A case study of teacher change, *Science Education*, 14(3), 349-361
- CAAMAÑO, A. (coord.) (2008) La evaluación PISA en ciencias. *Alambique* 57.
- CAAMAÑO A. (2011). *Didáctica de la física y química*. Gráo, Barcelona
- CALATAYUD M.L., CARBONELL F., CARRASCOSA J., FURIO C., GIL D., GRIMA J., HERNÁNDEZ J., MARTÍNEZ J., PAYÁ J., RIBÓ J., SOLBES J. y VILCHES A. (1988) *La construcción de las ciencias físico-químicas*, La Nau, Valencia.
- CARLSEN W.S. (1997). Never ask a question if you don't know the answer: The tension in teaching between modeling scientific argument and maintaining law and order. *Journal of Classroom Interaction* 32(2) 14-23
- CARMEN L. (1997) *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*, Horsori, Barcelona.
- CARRERES F. (2002) Lección de física en el todo a 100, *La Verdad, Murcia*, 11/04/2002
- CAZDEN C. (1991) *El discurso en el aula. El lenguaje de la enseñanza y el aprendizaje*. Paidós-MEC. Barcelona
- CLAXTON G. (1984) *Live and learn*, Harper and Row, Londres.

- CRANE H.R. (1987) A tornado in a soda bottle and angular momentum in the Washbasin, *The Physics Teacher* 25 516-517.
- COSGROVE, M. y OSBORNE, R. (1985). Lesson frameworks for changing children ideas, en R. Osborne y P. Freyberg (eds.). *Learning in Science: The Implications of Children's Science, 101-111*. Auckland. Heinemann..
- DAMASIO A.R. (2001) *El error de Descartes*, Crítica, Barcelona.
- DEBOER G.B (2000) Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform, *Journal of Research in Science Teaching* 37, 582-601.
- DECI E.L., KOESTNER R. y RYAN R.M. (2001) Extrinsic rewards and intrinsic motivation in education: Reconsidered once again, *Review of Educational Research* 71, 1-27.
- DECLARACIÓN DE BUDAPEST (1999). Marco general de la acción de la declaración de Budapest, en: www.oei.org.co/budapest.dec.htm.
- DESECO: <http://www.deseco.admin.ch/>
- DOHERTY P. y CASSIDY J. (2004) *Magia magnética*, Catapulta, Buenos Aires.
- DRIVER R. y ODMAN V. (1986) A constructivism approach to curriculum development in science, *Studies in Science Education* 13, 105-122.
- DRIVER R., NEWTON P. y OSBORNE J. (2000) Establishing the norms of scientific argumentation in classroom. *Science Education* 88, 287-312.
- DUIT R. (2004) *Bibliography: Students' and teachers' conceptions and science education (STCSE)*. Kiel, Germany: Leibniz Institute for Science Education (IPN) <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>
- DUNBAR R. (1999) *El miedo a la ciencia*. Madrid, Alianza.

- DUSCHL R.A. y GITOMER D.H. (1991) Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice, *Journal of Research in Science Teaching* 28, 839-858.
- EHRlich R. (1990) *Turning the world inside out. And 174 other simple Physics demonstrations*. Princeton University Press, Princeton
- ELLIOT A.J. y CHURCH M.A. (1997) A hierarchical model of approach and avoidance achievement motivation, *Journal of Personality and Social Psychology* 72, 218-232.
- ELLIOT A. J., y MCGREGOR H. (2001) A 2x2 achievement goal framework, *Journal of Personality and Social Psychology* 80, 501-519.
- ERDURAN S. SIMON y S. OSBORNE J. (2004) TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education* 88, 915-933.
- ERDURAN S. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE M.P. (eds.). (2007) *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research*. Springer. New York
- ESCOTET M.C. (1999) *Experimentos de Física: Investigación Científica en Secundaria*. Narcea, Madrid.
- ESTALELLA J. (1918) *Ciencia recreativa. Enigmas y problemas, observaciones y experimentos, trabajos de habilidad y paciencia*, Gustavo Gili, Barcelona.
- EURIDYCE (2002) <http://www.educacion.gob.es/eurydice>
- FEATONBY D. (2005). Toys and physics, *Physics Education*, 40, 537-543.
- FEATONBY D. (2011). Fun fly stick introduces electrostatics. *Physics Education* 46 (4), p. 490
- FECYT (2008) *Encuesta de percepción social de la ciencia y la tecnología*. En www.fecyt.es

- FERRER, C. y CROS, A. (2004). La física en el bolsillo: experimentos sencillos de electricidad, *Alambique*, 39, 79-85.
- FERRER C. y CROS A. (2005) ¡Física, maestro! Un recorrido experimental por la física de la música, *Alambique* 46, 18-33.
- FERSMAN A.E. (1973) *Geoquímica recreativa*, MIR, Moscú.
- FEYNMAN R. (1969) What's science?, *The Physics Teacher* 9, 313-320
- FINKEL D. (2008). *Dar clase con la boca cerrada*. Servicio de publicaciones UV. Valencia
- FINNEY G.A. (2000) Analysis of water propelled rocket: A problem in honors physics, *American Journal of Physics* 68, 223-227.
- FOX D.J. (1981) *El proceso de investigación en educación*. Eunsa, Pamplona.
- FRANCO A.J. (2011) *El juego educativo como recurso didáctico en la enseñanza de la clasificación periódica de los elementos químicos en educación secundaria*. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz.
- FURIÓ C., BARRENETXEA I. y REYES J.V. (1994) Contribución de la resolución de problemas como investigación al paradigma constructivista de aprendizaje de las ciencias, *Investigación en la escuela* 24, 88-99.
- FURIO C. (1996) Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias. *Alambique* 7, 7-17.
- FURIÓ C. y GUIASOLA J. (1999) Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento, *Enseñanza de las Ciencias* 17, 441-452.
- FURIÓ C. SOLBES J. y CARRASCOSA J. (2006) Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación. Resultados y perspectivas. *Alambique* 48, pp 64-78.
- GARCÍA CASTAÑER J.E. (1833) *La magia blanca descubierta*, Paris Valencia, Valencia (facsimil Cabrerizo, Valencia, 1989).

- GARCIA MOLINA R. (1998) Física per a regalar, *Revista de física* 2, 34-38.
- GARCIA MOLINA R. (2001) La física con humor se enseña (y aprende) mejor, finalista en el Concurso Nacional *Física en Acción* 2 (Valencia).
- GARCIA MOLINA, R. (2002) *Teaching Physics With a Smile*, Ponencia presentada en *Physics on Stage 2* (Noordwijk, 2002).
- GARCIA MOLINA R. (2003a) Teaching Physics With a Smile, *Physics Education* 38, 57-59.
- GARCIA MOLINA R. (2003b) Jugando con la física, *Educación en el 2000, Revista de Formación del Profesorado* 7, 33-35.
- GARCIA MOLINA R. (2003c) Física, juguetes, regalos...y otras cosas, pp. 9-34 en *Otros enfoques didácticos para las clases de Ciencias*, Iberlibro, Albacete.
- GARCIA MOLINA R. (2004) Física de juguete. Divertirse y entender por qué, *El Heraldo de Aragón* 10/02/2004.
- GARCIA MOLINA R. (2005a) Simple+mente física, *Revista de Enseñanza de la Física* 18, 81-82.
- GARCIA MOLINA R. (2005b) La divulgación sirve para emocionar con la física, *El Heraldo de Aragón* 31/05/2005.
- GARCIA MOLINA R. (2006) Jugando con la Física. *Átomo-Revista para profesores de Física y Química*, ed. SM, num. 9 pp. 2-3
- GARCÍA-MOLINA R. (2011) Ciencia recreativa: un recurso didáctico para enseñar deleitando. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 8 (Núm. Extraordinario), 370-392.
- GAVIDIA V. (2005) Los retos de la divulgación y enseñanza científica en el próximo futuro. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* 19, pp.91-102.
- 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* 25, 689-703.
- GIL D. (1986) La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: Unas relaciones controvertidas, *Enseñanza de las ciencias* 4, 111-121.
- GIL D. (1993) Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación, *Enseñanza de las ciencias* 11, 197-212.
- GIL D. (1996) New trends in science education, *Journal of Science Education* 18, 809-901.
- GIL D., CARRASCOSA J., FURIÓ C. y MARTÍNEZ-TORREGROSA J. (1991) *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Horsori, I.C.E.-Universitat de Barcelona.
- GIL D. (1983) Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las ciencias* 1, 26-33.
- GIL D., FURIÓ C. y GAVIDIA V. (1998) El profesorado y la Reforma Educativa en España, *Investigación en la Escuela* 36, pp 39-64.
- GIL-QUÍLEZ M.J. y MARTÍNEZ M.B. (2008) De la gallina sin cabeza a la formación del suelo. Preguntas en el aula de primaria. XXIII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Almería.
- GIL-QUÍLEZ M.J., DE LA GANDARA M. y DIES M.E. (2011) Animales extraordinarios: la construcción y uso de modelos en la escuela primaria. *Investigación en la escuela* 74, 89-100
- GLASSON G.E. y LALIK R.V. (1993) Reinterpreting the learning cycle from a social constructivist perspective: A qualitative study of teachers' beliefs and practices, *Journal of Research in Science Teaching* 30, 187-207.
- GOODSTEIN D.L. (1992) *El universo mecánico* (vídeo), Arait Multimedia, Madrid.

- GREEN S.K. (2002) Using an expectancy-value approach to examine teachers' motivational strategies, *Teaching and Teacher Education* 18, 989-1005.
- GUISASOLA J., ALMUDÍ J. y CEBERIO M. (2003) Concepciones alternativas sobre el campo magnético estacionario. Selección de cuestiones realizadas para su detección, *Enseñanza de las ciencias* 21, 281-295.
- GÜÉMEZ J., FIOLHAIS C. y FIOLHAIS M. (2010) juguetes en clases y demostraciones de Física. *Revista Iberoamericana de Física* (agosto) 1-2.
- HADEMENOS G.J. (2006) Toying around in physics.: A cross curricular project for advanced physics clases. *The physics Teacher* 44, 384-387
- HANN J. (1991) *Ciencia en tus manos*, Encuentro editorial, La Caixa, Barcelona.
- HAÜSERMANN G. (2011) La enseñanza de la física a través de los juguetes. *Alambique* 67, 79-87
- HEWITT P.G. (1995) *Física conceptual*, 2ª ed. Addison-Wesley, Wilmington
- HIERREZUELO MORENO J. (1989) *La ciencia de los alumnos: su utilización en la didáctica de la física y la química*, Laia, MEC Madrid.
- HODSON D. (1985) Philosophy of science, science and science education, *Studies in Science Education* 12, 25-57.
- HUBISZ J. (2003). Middle-school texts don't make the grade, *Physics Today* 5, 50-54.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE M.P. y SANMARTÍ N. (1995). The development of a new science curriculum for secondary school in Spain: opportunities for change. *International Journal of Science Education* 17 (4), pp 425-439

- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE M.P. y DÍAZ DE BUSTAMANTE J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias* 21 (3), 359-370.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE M.P., BRAVO B. y PUIG B. (2009) ¿Cómo aprende el alumnado a evaluar pruebas?. *Aula de Innovación Educativa* 186, 10-12.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE M.P., GALLÁSTEGUI J.R., EIREXAS F., y PUIG B. (2009) *Actividades para trabajar el uso de pruebas y la argumentación en ciencias*. Santiago de Compostela. DANÚ. (En www.rodasc.eu).
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE M. P. (2010) *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona. Graó.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE M.P. y GALLÁSTEGUI J.R. (2011) Argumentación y uso de pruebas: construcción, evaluación y comunicación de explicaciones en física y química, en A. Caamaño (coord.). *Didáctica de la física y química*, pp. 121-140. Barcelona, Graó.
- KELLY G.J. (2007) *Handbook of research on Science Education*. S.K ABELL & N.G. LEDERMAN ED., New Jersey. p.443-469
- KEMPA R.F. y DIAZ M.M. (1990a) Motivational traits and preferences for different instructional modes in science. Part 1, *International Journal of Science Education* 12, 195-201.
- KEMPA R.F. y DIAZ M.M. (1990b) Students' motivational traits and preferences for different instructional modes in science education. Part 2, *International Journal of Science Education* 12, 205-216.
- LEMKE J.L. (1997) *Aprender a hablar ciencia: lenguaje aprendizaje y valores*. Paidós. Barcelona
- LEPPER M. y HODELL M. (1989) Intrinsic motivation in the classroom, *Research on Motivation in Education*, 3, 73-105.

- LEVINSTEIN H. (1982) The physics of toys, *The Physics Teacher* 20, 358-365.
- LIEM T.L. (1987) *Invitations to science inquiry*, Science Inquiry, California.
- LIONETTI F. (1951) Valence and formulas taught with playing cards, *Journal of chemical education* 28, 599-601.
- LÓPEZ GARCÍA V. (2004) La física de los juguetes, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 1, 17-30.
- LOE (2006) Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Anexo I y II de R.D. de Enseñanzas Mínimas de Educación Primaria (R.D. 1513/2006) y de Educación Secundaria Obligatoria (R.D.1631/2006)
- LOZANO O., GARCIA-MOLINA R, y SOLBES J. (2007) Cuatro juegos que ilustran la conservación de la energía. *Alambique* 54, 115-118.
- LOZANO O., SOLBES J. y GARCIA-MOLINA R. (2011) *La adquisición de competencias científicas mediante actividades de “ciencia recreativa”*. Seminario: “Competencia científica en el aula. Universidad de Santiago de Compostela.
- LOZANO O., SOLBES J., y GARCIA-MOLINA R. (2012) Contribución de la ciencia recreativa al desarrollo de competencias argumentativas y actitudinales. *Alambique* 71, 70-80
- LUCA R. y GANCI S. (2011) A lot of good physics in the Cartesian diver. *Physics Education* 46, 528-532
- LUFT J.A. y ROEHRIG G.H. (2007) Capturing Science Teachers’ Epistemological Beliefs: The Development of the Teacher Beliefs Interview. *Electronic Journal of Science Education* 11 (2), 39-63
- MANASSERO M.A., VÁZQUEZ A. y ACEVEDO J.A. (2001) *Avaluació dels temes de Ciència, Tecnologia i Societat*, Conselleria d’Educació i Cultura, Illes Balears.
- MANCUSO R.V. Y LONG K.R. (1995) The Astro-Blaster. *The Physics Teacher* 33, 358

- MANDEL M. (1976). *Física recreativa*, Altea ed., Madrid.
- MANDELL M. (1996) *Meteorología recreativa*, Martinez Roca, Barcelona.
- MARTÍNEZ MORENO H. MARTÍNEZ NAVARRO F. CASILLAS SANTANA M.C. DELGADO BERMEJO M. GUERRA QUEVEDO D., BOTÍN HERNÁNDEZ P., LÓPEZ PÉREZ P., MORERA MARANTE P., RIVERO MENDOZA D., VALENCIA SUÁREZ O. (2004) La ciencia recreativa. Con la ciencia sí se juega, ponencia presentada en el XXI *Encuentro de didáctica de las ciencias experimentales*, Donostia, septiembre, 2004.
- MARTÍNEZ E. (2001) La física como juego, *Diario de Navarra* 21/10/2001.
- MARTÍNEZ PEÑA B. y GIL QUILEZ M.J. (2001) The importance of images in astronomy education. *International Journal of Science Education* 23 (11) 1125-1135
- MATTHEWS M.R. (1990) History, Philosophy, and Science Teaching: A Rapprochement. *Studies in Science Education* 18, 25-51.
- MATTHEWS M.R. (1991) Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las Ciencias *Comunicación, Lenguaje y Educación* 11-12, 141-155.
- MCCULLOUGH J. y MCCULLOUGH R. (2001) *The Role of Toys in Teaching Physics*, American Association of Physics Teachers, College Park, Maryland.
- MEDITERRÁNEO (2002) Enseñar a los niños física de una forma divertida, *El Periódico Mediterraneo*, 09/04/2002.
- MÉNDEZ R. (2002) Física y vida cotidiana, *El País*, 08/04/2002.
- MOJE E. B. (1995) Talking about science: An interpretation of the effects of teacher talk in a high school classroom. *Journal of Research in Science Teaching* 32,349-371.
- MOREIRA W.A., FERNANDEZ C. y TRENTIN P.H. (2011) O experimento da vela encapsulada e a argumentação: uma investigação com base

- no modelo argumentativo de toulmin (MAT). *VIII O Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Barão Geraldo, Campinas, SP, Brasil
- MORÁN C. (2005) Física para la vida cotidiana, *El País* 02/05/2005.
- MORATALLA P. (2004) Jugar con la magia de la física, *Las provincias* 22/11/2004.
- MULLIN V.L. (1963) *Química recreativa*, Santillana, Madrid.
- MUNBY H. (1997) Issues of validity in science attitude measurement, *Journal of Research in Science Teaching* 34, 337-341.
- MUNBY H. (1983) Thirty studies involving the "Scientific Attitude Inventory": What confidence can we have in this instrument?, *Journal of Research in Science Teaching* 20, 141-162.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *National Science Education Standards*. Washington D.C., National Academy Press.
- OCDE (2007) *Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. (en <http://www.oecd.org/dataoecd/59/2/39732471.pdf>)
- OLIVA MARTÍNEZ J.M.^a (1999) Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual, *Enseñanza de las Ciencias* 17, 93-107.
- PALMER D. (2005) A motivational view of constructivist-informed Teaching, *International Journal of Science Education* 27, 1853-1881.
- PALOMERA MEROÑO D. (2011) *Experiencias de Física recreativa en los libros de texto de 3º y 4º de la ESO*. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Murcia. Murcia
- PASTOR E. (2002) La física con risa entra, *El mundo* 28/05/2002.
- PEKAREK R., KROCKOVER G.H. y SHEPARDSON D.P. (1996) The research-practice in science education, *Journal of Research in Science Teaching* 33 (2), 111-113.

- PERALES PALACIOS F. J. y VÍLCHEZ GONZÁLEZ J.M. (2005) The teaching of physics and cartoons: Can they be interrelated in secondary school? *International Journal of Science Education* 27, 1647-1670.
- PERALES F.J. y CAÑAL P. (2000) *Didáctica de las ciencias experimentales*, Marfil, Alcoy.
- PERELMAN Y. (1971) *Física Recreativa*, Martínez Roca, Barcelona.
- PÉREZ, E. (2009). *Los experimentos de Flipy. El científico loco*. Santillana. Madrid
- PIAGET J. (VV.AA.) (1996). La obra de Piaget en educación, *Cuadernos de Pedagogía* 244, 56-68.
- PIAGET J. (1996). *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*, Paidós, Barcelona.
- PIBURN M.D. y BAKER, D.R. (1993) If I were the teacher... Qualitative study of attitude toward science, *Science Education* 77, 393-406.
- PINTRICH P. R., MARX R.W. y BOYLE R. (1993) Beyond cold conceptual change: The role of motivational Beliefs an Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change, *Review of Educational Research* 63, 167-199.
- POSNER G., STRIKE K., HEWSON P. y GERTZOG W. (1982) Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change, *Science Education* 66, 211-227.
- POTTER J. (1998) *Science in seconds with toys: Over 101 experiments you can do in ten minutes or less*, John Wiley and Sons, New York.
- POZO J.I. y GÓMEZ CRESPO M.A. (1998) *Aprender y enseñar ciencia*, Morata, Madrid.
- POZO J.I., LIMON M., PÉREZ M.P. y SANZ A. (1992) Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas, *Infancia y Aprendizaje* 57, 3-22.
- PRO, A. DE. (coord) (2012). Hacia la competencia científica, *Alambique* 70, 5-74

- PISA (2005) *Ejemplo de ítems de conocimiento científico*. Madrid MEC.
<http://www.institutodeevaluacion.mec.es/publicaciones/?IdCategoríaPublicación=3#índice0>
- QUINN M. (2002) *Qualitative Research and Evaluation Methods*. Sage. Thousand Oaks
- REEVES J.F.C. y PENNELL A.G. (1987) Science and technology in primary schools, *Physics Bulletin* 38, 381-383.
- REID D.J. y HODSON D. (1997) *Ciencia para todos en secundaria*, Narcea, Madrid.
- REUEN G. (1969) *Electrónica recreativa*, Santillana, Madrid.
- RHODES G. (1977) Pictures and toys, *Journal of Chemical Education* 54, 12-14.
- RIBELLES R., SOLBES J. y VILCHES A. (1995). Las interacciones CTS en la enseñanza de las ciencias. Análisis comparativo de la situación para la Física y Química y la Biología y Geología, *Comunicación, Lenguaje y Educación* 28, 135-143.
- RÍOS E. y SOLBES J. (2003) Relaciones ciencia, tecnología, sociedad (CTS), punto de encuentro entre ciencia y tecnología, *Alambique* 38, 62-70.
- RÍOS E (2004) *Las interacciones Ciencia, Tecnología y Sociedad en los Ciclos Formativos de Sistemas Eléctricos*, Tesis Doctoral, Universidad de Valencia.
- RIVERA A. (2000) Física en Acción busca científicos, *El País* 29/11/2000
- ROBERT G. (1899) *Suertes de física recreativa*, Paris Valencia, (facsimil Garnier Hermanos, París. 2004).
- ROCARD M. (2007) Informe Rocard. Science education now: a renewed pedagogy for the future of europe Disponible en innumerables enlaces de internet. Original en: <http://ec.europa.eu/research/science->

society/documentlibrary/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

- ROS FERRÉ R. y FABREGAT FILLET J. (2005) Popularización y divulgación de la ciencia, *Enseñanza de la Ciencias* número extra. VII Congreso.
- RUSSELL J.V. y GRANATH P.L. (1999). Using games to teach chemistry, *Journal of Chemical Education* 76, 481-508.
- RYAN R.M. y DECI E.L. (2000) Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions, *Contemporary Educational Psychology* 25, 54-67.
- SÁNCHEZ C. (2007) El secreto de los finlandeses. *El semanal XL* 2-8 diciembre
- SANMARTÍ N. y AZCÁRATE C. (1997) Reflexiones en torno a la línea editorial de la revista Enseñanza de las Ciencias, *Enseñanza de las Ciencias* 15 (1), pp 3-9.
- SARQUIS J. (1996) *Exploring Matter with Toys*, Terrific Science Press, McGraw Hill, Ohio
- SARQUIS J., HOGUE L., SARQUIS M. y WOODWARD L. (1997) *Investigating solids, liquids, and gases with toys*, Terrific Science Press, McGraw Hill, Ohio.
- SARQUIS J., SARQUIS M. y WILLIAMS J. P. (1995) *Teaching chemistry with toys*, Terrific Science Press, McGraw Hill, Ohio.
- SARQUIS J.L. SARQUIS A.M. (2005) Toys in the classroom, *Journal of Chemical Education* 82, 1450-1453.
- SIMON M.D., HEFLINGER L.O. y RIGDWAY S.L. (1997) Spin stabilized magnetic levitation, *American Journal of Physics* 65, 286-292.
- SJØBERG S. y SCHREINER C. (2006) How do students perceive science and technology?, *Science in School* 1, 66-69.
- SMITH S.G. y CHABAY R. (1977) Computer games in chemistry, *Journal of Chemical Education* 54, 688-689.

- SOLBES J. (1986) *Introducción a los conceptos básicos de la física moderna*, Tesis doctoral, Universidad de Valencia.
- SOLBES J. y VILCHES A. (1989) Interacciones ciencia-técnica-sociedad: un instrumento de cambio actitudinal, *Enseñanza de las Ciencias* 7, 14-20.
- SOLBES J. y TRAVER M. (1996) La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química, *Enseñanza de las Ciencias* 14, 103-112.
- SOLBES J. y VILCHES A. (1997) STS interactions and the teaching of physics and chemistry, *Science Education* 81, 377-386.
- SOLBES J. y SOUTO X. M. (1999). Investigación desde la escuela y formación del profesorado, *Investigación en la Escuela* 38, pp 87-99.
- SOLBES J. (2003) Las complejas relaciones entre Ciencia y Tecnología, *Alambique* 38, 8-21.
- SOLBES J. y TRAVER M. (2003) Against negative image of science: history of science in the physics & chemistry Education, *Science & Education* 12, 703-717.
- SOLBES J., FURIÓ C., GAVIDIA V. y VILCHES A. (2004) Algunas consideraciones sobre la incidencia de la investigación educativa en la enseñanza de las ciencias, *Investigación en la escuela* 52, pp 103-110.
- SOLBES, J. MONTSERRAT R. y FURIÓ C. (2007) El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* 21, 91-117.
- SOLBES J. y TARÍN J. (2007) ¿Qué hacemos si no coincide la teoría y el experimento? (o los obstáculos de la realidad). *Alambique* 52, 97-107.
- SOLBES J. y TARÍN F. (2008) Which Reaches the Bottom First? *The Physics Teacher* 46, 550-551.
- SOLBES J., RUIZ J.J. y FURIÓ (2010) Debates y argumentación en las clases de física y química. *Alambique* 63, 65-75

- SOLBES J. (2011) ¿Por qué disminuye el alumnado de ciencias? *Alambique* 67, 53-62.
- SRINIVASAN V. (1981) Physics through games, *American Journal of Physics* 49, 391.
- TAYLOR B.A.P. (1998) *Exploring energy with toys*, Terrific Science Press, McGraw Hill, Ohio.
- TAYLOR B.A.P., WILLIAMS J.P., SARQUIS J. y POTH J. (1990) Teaching Science With Toys: A Model Program for Inservice Teacher Enhancement, *Journal of Science Teacher Education*, 1, 70-73.
- TAYLOR B.A.P., POTH J, y PORTMAN D.J.(1995) *Teaching physics with toys*, Terrific Science Press, McGraw Hill, Ohio.
- TISSANDIER G. (1887) *Recreaciones científicas. La física y la química sin aparatos ni laboratorio y sólo por los juegos de la infancia* Alta Fulla, Barcelona (facsimil Carlos Bailly-Bailliere, Madrid, 2003).
- TIT T. (1890) *La science amusante*. Larousse. París
- TOULMIN S. (1958) *The uses of argument*. Cambridge University Press. Cambridge
- TSAI C.C. (2002) Nested epistemologies science teachers' beliefs of teaching, learning and science. *International Journal of Science Education* 24 (8) 771-783
- TURNER R.C. (1987). Toys in teaching physics. Balancing man, *American Journal of Physics* 55, 84-85.
- VANCLEAVE J.P. (1993) *Magnets, Spectacular Science Projects*, John Wiley & Sons, New York.
- VARELA NIETO P. y MARTÍNEZ AZNAR M. (2004) *Los juguetes: un reto para enseñar y divulgar física*, Ponencia presentada en el XXI Encuentro de didáctica de las ciencias experimentales, Donostia, septiembre.
- VÁZQUEZ A. y MANASSERO M.A. (1995) Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual, *Enseñanza de las ciencias* 13, 337-346.

- VERA F., RIVERA R. Y NÚÑEZ C. (2011) burning a candle in a vessel, a simple experiment with a long history. *Science & Education* 20, 881-893
- VILCHES A. (1993) *Las interacciones Ciencia, Técnica y Sociedad y la Enseñanza de las Ciencias Físico-Químicas*, Tesis doctoral, Universitat de València.
- VINAGRE ARIAS F., MULERO M^aR. y GUERRA J.F. (1998) *Cuestiones curiosas de química*, Alianza Editorial, Madrid.
- VV.AA. (2005). The joy of toys, *Journal of Chemical Education*, special edition, National chemistry week, October.
- VV.AA. (2002-) Teaching with Puzzles, Games, and Everyday Objects, *Journal of Chemical Education* (April section).
- WALKER J. (1988) Deje caer desde la altura de la cintura, dos pelotas, una encima de la otra. No rebotan igual. *Investigación y Ciencia* pp. 130-134.
- WATSON J.R. y WATSON N.T. (1987) Physics toy chest, *The Physics Teacher* 25, 564-589.
- WEINBURGH M. (1995) Gender differences in student attitudes toward science: a meta-analysis of the literature from 1970 to 1991, *Journal of Research in Science Teaching* 32, 387-398.
- WHITE R. (1959) Motivation reconsidered: The concept of competence, *Psychological Review* 66, 297-333.
- WORNER C.H. y ROMERO A. (1998) Una manera diferente de enseñar física: física y humor, *Enseñanza de las Ciencias* 16, 187-192.
- YAGER R.E. y PENICK J.E. (1986) Perception of four age groups towards science classes, teachers and values of science, *Science Education* 70, 353-356.
- ZIEGLER G.R. (1977) Toys in the chemistry classroom, *Journal of Chemical Education* 54, 629.

ANEXO 1

RELACIÓN DE LIBROS DE TEXTO ANALIZADOS

1. SALIBREA M. *et al.*, *Física y Química 3º ESO*. Grupo Anaya, Madrid, 2002.
2. AZCONA R. *et al.*, *Física y Química 3º ESO*. Ed. Octaedro, Barcelona, 1997.
3. ENCISO E. *et al.*, *Física y Química 4º ESO*. Ed. Ecir, Valencia, 2003.
4. SATOCA J. y VISQUERT J.J., *Física y Química 4º ESO*. Anaya, Madrid, 1998.
5. ALONSO J. DE D. *et al.*, *Física y Química 4º ESO*. Ed. SM, Madrid, 2003.
6. PEÑA A. *et al.*, *Física y Química 3º ESO*. Ed McGraw Hill, Madrid, 2002.
7. POZAS A. *et al.*, *Física y Química 4º ESO*. Ed McGraw Hill, Madrid, 1997.
8. FIDALGO J.A. y FERNÁNDEZ M.R., *Física y Química 4º ESO*. Everest, León, 1997.
9. CAÑAS A. *et al.*, *Física y Química 3º ESO*. Ed. SM, Madrid, 2002.
10. CRESPO E. *et al.*, *Física y Química 4º ESO*. Akal, Madrid, 1997.
11. TORRES E. *et al.*, *Física y Química 3º ESO*. Algaida, Sevilla, 1993.

12. TORRES E. *et al.*, *Física y Química 4º ESO*. Algaida, Sevilla, 1993.
13. MARTÍN J. *et al.*, *Física y Química 4º ESO*. Santillana, Madrid, 1999.
14. CRESPO E. *et al.*, *Física y Química 3º ESO*. Akal, Madrid, 1998.
15. ONTAÑÓN E. y ONTAÑÓN G. *Física y Química 3º ESO*. Bruño, Madrid, 1998.
16. VEJO P., *Tecnología 3º ESO*. McGraw Hill, Madrid, 1998.
17. EQUIPO BISEL, *Tecnología 3º ESO*. Almadraba, Madrid, 2002.
18. GONZALO R., *Tecnología 3º ESO*. Anaya, Madrid, 1998.
19. ROMERO A., *Tecnología 4º ESO*. Bruño, Madrid, 2003.
20. LÓPEZ J., *Tecnología 4º ESO*. Everest, León, 2003.
21. LÓPEZ J., *Tecnología 3º ESO*. Everest, León, 2001.
22. GONZÁLEZ R., *Tecnología 4º ESO*. Anaya, Toledo, 1999.
23. MORENO J., *Tecnología 3º ESO*. Oxford, Madrid, 2002.
24. MORENO J., *Tecnología 4º ESO*. Oxford, Madrid, 2000.
25. VEJO P., *Tecnología 4º ESO*. McGraw Hill, Madrid, 1999.
26. BARBADOS C., *Tecnología 4º ESO*. SM, Madrid, 1999.
27. MARTÍN L., *Tecnología 3º ESO*. SM, Madrid, 2002.
28. BLÁZQUEZ T., *Tecnología 3º ESO*. Editex, Madrid, 1998.
29. COMERO A., *Tecnología 3º ESO*. Bruño, Madrid, 2002.
30. NAVARRO E., *Tecnología 4º ESO*. Ecir, Valencia, 2000.

ANEXO 2

RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS DIFERENTES INDICADORES EXTRAIDOS DE LA RED DE ANÁLISIS DE LIBROS DE TEXTO, ORDENADOS POR ÁREAS Y CURSOS

	FQ 3°	FQ 4°	MEDIA FQ	TEC 3°	TEC 4°	MEDIA TEC	MEDIAS TOTALES
<i>Id1</i>	8,05	10,79	9,42	3,53	2,34	2,94	6,18
<i>Id2</i>	-	-	76,24	-	-	72,04	74,14
<i>Id3</i>	51,01	47,28	49,15	24,85	21,68	23,27	36,21
<i>Id4</i>	32,85	47,30	40,08	66,22	72,70	69,46	54,77
<i>Id5</i>	5,41	6,90	6,16	1,77	1,44	1,61	3,89
<i>Id6</i>	75,32	66,08	70,70	58,69	70,24	64,47	67,59
<i>Id7</i>	24,68	33,92	29,30	41,31	29,76	35,54	32,42
<i>Id8</i>	1,53	2,05	1,79	1,56	1,28	1,42	1,61
<i>Id9</i>	44,72	76,85	60,79	73,21	57,14	65,18	62,99
<i>Id10</i>	55,28	23,15	39,22	26,79	42,86	34,83	37,03
<i>Id11</i>	67,05	61,98	64,52	59,38	50,00	54,69	59,61
<i>Id12</i>	18,66	13,02	15,84	3,13	7,14	5,14	10,49
<i>Id13¹</i>	3,93	0,00	1,97	0,00	0,00	0,00	0,99
<i>Id13²</i>	1,30	23,21	12,26	4,85	0,00	2,43	7,35
<i>Id14</i>	19,39	25,20	22,30	38,07	27,04	32,56	27,43
<i>Id15</i>	34,43	27,29	30,86	9,91	18,37	14,14	22,5

ANEXO 3

INDICADORES DE VALIDEZ DESGLOSADOS POR LIBRO

Nº libro	ld 1	ld3	ld4	ld5	ld6	ld7	ld8
1	7,55	16,67	75,00	5,99	80,00	20,00	2,66
2	4,44	33,33	16,67	3,59	83,33	16,67	1,42
3	6,45	78,57	14,29	5,20	76,92	23,08	0,56
4	10,12	36,00	56,00	7,98	71,43	28,57	2,10
5	5,90	50,00	37,50	2,05	57,14	42,86	1,43
6	4,33	88,89	22,22	4,60	37,50	62,50	0,00
7	9,30	50,00	40,00	8,43	80,00	20,00	1,72
8	7,11	70,59	29,41	4,74	40,00	60,00	1,36
9	10,05	63,64	22,73	5,37	84,21	15,79	1,62
10	21,08	37,14	57,14	11,46	54,55	45,45	3,24
11	11,40	77,27	18,18	5,31	82,35	17,65	1,30
12	17,95	14,29	85,71	7,87	85,00	15,00	4,29
13	8,39	41,67	58,33	7,43	63,64	36,36	1,71
14	8,65	66,67	27,78	6,11	81,25	18,75	3,18
15	9,95	52,63	47,37	6,93	78,57	21,43	0,56
16	7,85	0,00	100,00	3,21	78,57	21,43	4,02
17	0,81	0,00	50,00	1,23	50,00	50,00	0,00
18	2,03	16,67	83,33	1,30	66,67	33,33	1,28
19	2,29	25,00	75,00	1,70	50,00	50,00	0,00
20	0,90	50,00	50,00	0,62	100,00	0,00	0,28
21	3,43	50,00	50,00	1,71	100,00	0,00	3,70
22	1,44	25,00	50,00	1,28	75,00	25,00	0,00
23	6,51	7,14	71,43	1,92	33,33	66,67	1,80
24	3,17	14,29	71,43	0,93	50,00	50,00	1,17
25	4,57	12,50	87,50	2,42	50,00	50,00	2,36
26	1,58	0,00	100,00	1,46	66,67	33,33	0,54
27	5,06	25,00	75,00	3,01	90,91	9,09	1,45
28	1,65	0,00	100,00	1,27	0,00	100,00	0,00
29	0,90	100,00	0,00	0,50	50,00	50,00	0,24
30	2,42	25,00	75,00	1,67	100,00	0,00	4,60

(ANEXO 3, cont.)

Nº libro	ld9	ld10	ld11	ld12	ld13 ¹	ld13 ²	ld14	ld15
1	33,33	66,67	80,00	20,00	8,33	0,00	8,33	33,33
2	50,00	50,00	66,67	33,33	0,00	0,00	16,67	33,33
3	64,29	35,71	100,00	0,00	0,00	7,14	21,43	14,29
4	64,00	36,00	87,50	12,50	0,00	12,00	32,00	20,00
5	93,75	6,25	100,00	0,00	0,00	56,25	25,00	6,25
6	55,56	44,44	0,00	0,00	0,00	0,00	55,56	11,11
7	70,00	30,00	83,33	16,67	0,00	10,00	20,00	40,00
8	88,24	11,76	100,00	0,00	0,00	35,29	35,29	29,41
9	27,27	72,73	71,43	28,57	4,55	0,00	13,64	50,00
10	82,86	17,14	0,00	0,00	0,00	34,29	31,43	31,43
11	77,27	22,73	100,00	0,00	9,09	9,09	9,09	27,27
12	60,00	40,00	25,00	75,00	0,00	5,71	11,43	68,57
13	91,67	8,33	0,00	0,00	0,00	25,00	25,00	8,33
14	22,22	77,78	84,62	15,38	5,56	0,00	16,67	33,33
15	47,37	52,63	66,67	33,33	0,00	0,00	15,79	52,63
16	66,67	33,33	100,00	0,00	0,00	6,67	20,00	6,67
17	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	0,00
18	66,67	33,33	100,00	0,00	0,00	0,00	33,33	16,67
19	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	0,00
20	50,00	50,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00
21	16,67	83,33	100,00	0,00	0,00	16,67	0,00	33,33
22	75,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	0,00
23	85,71	14,29	100,00	0,00	0,00	7,14	42,86	14,29
24	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,29	28,57
25	62,50	50,00	100,00	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00
26	50,00	50,00	50,00	50,00	0,00	0,00	25,00	0,00
27	50,00	50,00	75,00	25,00	0,00	8,33	8,33	8,33
28	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
29	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	0,00
30	25,00	75,00	100,00	0,00	0,00	0,00	25,00	50,00

ANEXO 4

TRANSCRIPCIÓN DE LAS FILMACIONES EN LAS ACTIVIDADES REALIZADAS CON LOS ALUMNOS

Primera experiencia

3º de ESO. Grupo C, PIP, alumnado mayoritariamente inmigrante (11 nacionalidades diferentes en el grupo). Muy heterogéneo. Los subgrupos, sin haberlo planificado, están bastante *compensados*, excepto uno, que reúne cuatro chicos con nivel bastante bajo.

Tema de electrostática trabajado unos meses antes, de manera eminentemente expositiva, con algunas experiencias *recreativas* utilizadas como ejemplo y como base de la explicación, pero ninguna de las expuestas aquí se ha visto anteriormente.

Yo hago la experiencia de: «carreras de latas con globo» y «la varita mágica» y repito la de la varita con un globo.

Pido explicaciones. Dejo 10 minutos en 4 grupos de 4-5 alumnos donde las conversaciones se solapan y no se pueden seguir. Los alumnos experimentan con los globos y la varita provistos y hacen anotaciones para posteriormente leerlas. Pido explicaciones a los portavoces:

- 1 NOELIA: Al principio el globo coge electrones del pelo y luego al tocar el
- 2 papel le pasa los electrones. Al frotar otra vez, se carga de electrones y
- 3 como lo de antes (el papel) también estaba cargado de electrones, pues se
- 4 repelen.

5 CRISTINA: El globo coge electrones del pelo y se los pasa al papelito y por
6 eso al principio lo atrae. Cuando vuelve a pasar el globo por el pelo, lo
7 vuelve a *llenar* de electrones y al volver a acercarlo como ya tiene
8 electrones se repele.

9 NASSERA: La varita tiene dentro un imán o algo que gira y al girar produce
10 electrones entonces los electrones atraen primero al plastiquito este, y
11 cuando el plastiquito ya está cargado negativamente también, se repelen

12 GREGORY: La fricción sobre el cabello de dicho ser vivo provoca que el
13 objeto lleno de aire, O₂ de poca densidad, se llene de electrones. El objeto
14 cilíndrico de metal o lata, se siente atraído por los electrones negativos del
15 globo, por los positivos de la lata y eso causa que la lata se acerque.

16 CRISTINA: El globo, cuando coge los electrones del pelo...eh,eh...echa hacia
17 atrás los electrones de la lata y "arrima" (acerca, no verbal) los protones y
18 entonces se atraen, el globo atrae la lata.

19 PROFESOR: Pensad si todos estáis de acuerdo.

20 NOELIA: El globo se carga negativamente y como la lata es neutra, los
21 electrones hacen que se acerquen los protones.

Parece que han dado explicaciones correctas y repaso lo dicho sin añadir nada nuevo. Dado que las explicaciones son válidas y no hay visos de generar debate, suscito la duda de, si la intervención de Gregory, al respecto del aire del interior, su densidad, etc., tiene algo que ver en el asunto. Empiezan a intervenir *no-portavoces* respetando bastante el turno de palabra.

22 GREGORY: Puede que sí.

23 WILMAR: Si no hay aire no se hincha el globo

24 LORENA: Si está desinflado, por mucho que lo frotes no va.

25 NASSERA: Cuando le pase los electrones al globo, se vuelve a quedar normal
26 porque como el oxígeno tiene positivos y negativos...que es más o menos
27 como lo del pelo con el aire..., tú al pelo le quitas electrones, pero sigue
28 teniendo porque los coge del aire...¿un globo no sería más o menos lo
29 mismo?

30 SHAHEER: En el caso de la lata y el globo, yo creo que no tiene nada que ver
31 el aire, porque hemos hecho una prueba con un peine y trocitos de papel y
32 cuando lo hemos acercado también lo ha atraído sin aire; entonces... (no
33 verbal: está claro!)

34 CRISTINA: ¿Pero con helio pasaría lo mismo? (a mí...no respondo). Creo que
35 no tiene nada que ver (el aire), no influye.

36 PROFESOR: Recuerda la intervención de Lorena y ofrece globos
37 deshinchados. Los alumnos experimentan con ellos unos minutos.

38 CRISTINA: En menor medida pero sí, lo hace, se mueven un poco (atraer
39 papelitos).

40 NASSERA: Nosotros hacemos lo mismo y no va. (Fricciona de nuevo el globo
41 con el pelo de su compañero y se sorprende de que la cinta de plástico de la
42 varita mágica se le quede pegada en la mano).

Recuerdo el argumento de Shaheer aportando la prueba del peine para
refutar la importancia del aire.

43 LORENA: Pero el peine es plástico... (*sus compañeros*: y el globo!) Ah, claro,
44 también.

45 CRISTINA: Si influye con el aire, todo lo que tuviera aire dentro, también
46 tendría que hacerlo aunque no fuera plástico.

47 SHAHEER: Entonces si frotamos esto (señala CPU de sobremesa) como tiene
48 aire ¿también lo hará? (no verbal: irónico)

49 CRISTINA: Si tiene que ver con el aire, todo lo que tiene aire tendría que
50 hacerlo ¿no? (no verbal: irónica)

51 SHAHEER: Puede que el aire que tiene dentro, mantiene más electrones
52 más tiempo y por eso se levantan (los papelitos levitando), pero del globo
53 desinflado salen rápidamente los electrones:

54 IVO: No puede conducir el globo los electrones ¿no? (PROFESOR: asiento)

Advierto a Nassera que tenga cuidado con los dedos al frotar el globo deshinchado en el pelo. Repite la experiencia con más cuidado y se percibe una ligera atracción.

55 NASSERA: Lo atrae un poco...

El grupo de Nassera y Lorena parecen resignarse a la evidencia (ellas plantearon la hipótesis de que no funcionaría y dieron pie a la nueva experiencia). Aceptan que el aire no tiene nada que ver y del mismo modo el resto de los alumnos que más o menos han seguido el desarrollo del diálogo.

Recuerdo la última intervención de Shaheer en la que explica cómo puede afectar el aire del interior. Parece que todo el mundo está de acuerdo con él... (se ha ganado el *prestigio* con la hipótesis correcta verificada y confían en su criterio)

Fin grabación

Segunda experiencia

Grupo de 4º ESO con optativa de Física y Química. No son mis alumnos. Grupo reducido de alumnos con bastante variedad cultural-étnica.

Se construyen varios *ludiones* con botellas de plástico de refresco de 2 L llenas de agua, en las que se ha introducido un tubo de

ensayo invertido y con agua suficiente en su interior para producir el efecto deseado.

Presento la experiencia diciendo que es magia y que el tubo de ensayo sumergido obedece mis órdenes. La atención es evidente en la grabación, todos prestan mucha atención y sonríen al ver el efecto *sorprendente* del Ludión. Pregunto que por qué pasa eso y varias voces responden: «porque aprietas la botella». Y al apretar por qué baja...ellos responden: «por la presión». Les felicito, y les insto a dar una explicación *científica* de por qué al apretar la botella descende el tubo de ensayo. Organizo al conjunto en tres grupos: uno de ellos son los que han rechazado o no han entregado la autorización para ser grabados y dos grupos más con los que sí la han entregado. Dejo durante un espacio de unos 15 minutos que se produzca debate y argumentación en los pequeños grupos para después solicitar una puesta en común de ambos grupos con las conclusiones extraídas.

Debido a las dificultades técnicas, se centra la grabación en un grupo y se recogen puntualmente intervenciones del otro.

- 1 NEREA: ¿es porque en el tubo también hay aire?
- 2 DANIEL: es por el principio de Arquímedes, por la presión...
- 3 MARÍA: aquí (en el aire del cuello de la botella, -head space-) se ha quedado
- 4 aire.
- 5 NEREA: y en el tubo también
- 6 MARÍA: sí, sí, en el tubo también hay aire...
- 7 DANIEL: cuando el peso es menor que la presión que ejerce el
- 8 agua....(inaudible)... y por eso flota (*entiendo que razona el principio de*
- 9 *Arquímedes*)
- 10 NEREA (afirma): y por eso flota..

11 DANIEL: cuando yo estoy ejerciendo presión contra las paredes de la botella,
12 entonces esto baja, y cuando hago así (suelta), esto sube. Porque esto tiene
13 un volumen menor que el del agua y entonces tiene que flotar...por el
14 principio de Arquímedes ¿no? peso menor que equilibrio (*supongo que quiere*
15 *decir empuje*)

16 DANIEL: mira el tubito, está lleno hasta la mitad...

17 YO: Explico al grupo más o menos como esta hecho el Ludión, (ya han llegado
18 a la conclusión de que hay aire en el tubo) ofrezco que lo desmonten y explico
19 que he metido un tubito con un poco de agua en su interior

20 DANIEL: pero si no hubiese agua, estaría siempre arriba

21 NEREA: si no hubiese aire no bajaría...

22 DANIEL: si a esto le quitamos el agua estaría siempre arriba...

23 MARÍA: si a esto le quitamos el aire que lleva dentro (HS), esto no sube y baja

24 NEREA: eso estoy diciendo, que si no hubiera aire (espacio de cabeza) estaría
25 todo el rato arriba...

26 DANIEL: es por la presión atmosférica también

27 FULGENCIO: pero si el peso fuese menor que la presión no bajaría... subiría, y
28 está bajando al aumentar la presión.

29 NEREA: al aumentar la presión baja y te digo que cuando haces más presión
30 baja

31 FULGENCIO: pero tendría que subir si fuese por la presión

32 MARÍA: ¡nos tienes en un sin vivir profe! (risas)

33 -----María cambia la expresión al observar un detalle significativo y
34 rápidamente lo expone con énfasis-----

35 MARÍA: ¡fíjate! cuando aprieto se mueve esto (el menisco del interior del
36 tubo)

37 FULGENCIO: lo que digo es que al hacer presión...el volumen no es el mismo

38 MARÍA (*sin escuchar lo que dice Fulgencio, sigue razonando*): ¡se llena más el
39 tubo y baja!... ¡fíjate! ¡fíjate! en la raya (menisco)...se llena mas el tubo

40 FULGENCIO: ...y pesa más. Es lo mismo pero hay un cambio de volumen, y lo
41 ocupa el aire...ves al aumentar la presión se mete, donde hay aire, agua... que
42 es aquí

43 DANIEL: ¿aquí?... señala el aire de arriba (HS)

44 NEREA. ¡mira el tubo, mira el tubo!, mira la rayita (menisco) cuando ejerzo
45 presión... sube el agua

46 DANIEL: debajo está abierto

47 FULGENCIO: la capacidad al aumentar la presión se reduce...lo que hace es
48 que el aire lo comprime y entonces hay un momento en que el agua que entra
49 y pesa más

50 MARÍA: ves, se llena casi hasta, hasta la rayita

51 En el grupo 2 sólo se han registrado algunas conversaciones:

52 MARIANA: por la presión... llega el agua hasta arriba (tapón) hasta que no
53 puede más y entonces empuja al tubo. Esto estaría empujando hacia arriba

54 NADIA: cuando le damos esa presión el aire de arriba lo que hace es rebotar
55 porque no tiene por donde salir y empuja el tubo hacia abajo porque no tiene
56 por donde salir

57 MARIANA: ¿el tubito está abierto por abajo???

58 NADIA: y como el tubito flota ya vuelve, claro, cuando dejamos de ejercer una
59 presión el este...

60 MARIANA: le quitas el empuje y flota

61 *Se cuestionan la construcción.*

62 MARIANA: primero hay que llenar de agua y luego meter el tubito

63 YO: Explico al grupo más o menos como esta hecho el Ludión, (ya han llegado
64 a la conclusión de que hay aire en el tubo) ofrezco que lo desmonten y explico
65 que he metido un tubito con un poco de agua en su interior

66 *Se reafirman en su explicación que les satisface.*

67 Solicito que los portavoces propongan sus soluciones.

68 NADIA: lo que nosotras decimos es que cuando ejercemos una fuerza en la
69 botella lo que hace esa presión es que como no tiene sitio para salirse, el agua
70 choca contra la tapa y lo que hace es que baja (*con el dedo hace como que*
71 *empuja*) el tubito que, como está lleno de aire...

72 MARIANA (refuerza): esto flota porque hay aire aquí (en el tubo) y también
73 hay aire aquí (espacio de cabeza) y al apretar, lo que queda aquí (el aire que
74 queda –HS-) como no puede salir empuja al tubito

75 NADIA (repite): la fuerza que hacemos sobre la botella..., al haber aire en el
76 trocito de arriba de la botella...y como no puede salir, ni tampoco el agua, lo
77 que hace ese aire es presionar y darle al tubito y baja.

78 *Mientras registro la explicación del grupo de Nadia, el grupo de María ha*
79 *seguido haciendo pruebas y al darles la palabra ...*

80 MARIA: hemos comprobado que si le damos la vuelta esto no va (se ríen
81 todos. Han volteado la botella liberando el aire del tubo y éste, lógicamente,
82 se ha hundido)

83 NEREA: y esto ya no vuelve a subir

84 MARÍA: se va el aire....

- 85 YO: coge su botella (grupo 2) para explicarlo...
- 86 MARÍA, (*lee literalmente lo que han escrito*): “la presión que ejercemos sobre
87 la botella hace que el agua del tubo comprima el aire, aumentando el peso del
88 tubito y hace que se hunda
- 89 NEREA: el agua que está dentro del tubo aumenta
- 90 MARÍA: hace que suba el nivel del agua mira el agua! (señala el menisco al
91 presionar)
- 92 FULGENCIO: comprime el aire que hay dentro del tubo y baja porque ahora
93 esto (tubo) pesa más y llega un momento en que se hunde
- 94 YO: (les recuerdo que ya han mencionado Arquímedes para defender ese
95 razonamiento) me tenéis que decir quién tiene razón, me tenéis que
96 convencer a mí y a ellos (los que no han presentado autorización y que han
97 seguido el proceso desde “cierta distancia” al fondo del aula
- 98 GRUPO DEL FONDO: creo que tiene razón María
- 99 YO: ¿por qué?
- 100 G. FONDO: porque es que es verdad (risas) es más lógico que el aire que falta
101 por la presión... le da el peso y baja.
- 102 MARIANA:el aire no puede salir y si estuviera abierto se iría para afuera
103 pero no puede hacer otra cosa tiene que bajarlo... el tubo...el tubo tiene que
104 bajar
- 105 YO: ¿quién empuja al tubo?
- 106 MARÍA (*replica*): tú ten en cuenta que está flotando por que tiene
107 menos...menos... esto que el agua (supongo densidad) en cuanto tiene más
108 peso, baja y deja de flotar
- 109 YO: como podemos comprobar o refutar lo que dicen ellas

- 110 NEREA: Daniel ha girado la botella le ha metido agua en el tubo
- 111 MARÍA: se ha ido el aire y ahora...
- 112 NEREA: y ahora ya no flota. Esta es la comprobación
- 113 *Mariana observa el ludion hundido del grupo 1*
- 114 NEREA: ha retirado el aire que había en el tubo y está lleno de agua
- 115 FULGENCIO: y el peso es mayor
- 116 NEREA: y por eso ya no flota ni hace nada
- 117 Veo que parecen todos convencidos por la argumentación del grupo 1.
- 118 Solicito a ver si alguien quiere añadir algo, pero parece que está clara la
- 119 explicación.
- 120 Se detiene la grabación.
- 121 Matizo las explicaciones aportadas, repito la argumentación del grupo 1
- 122 añadiendo algún detalle conceptual. Finaliza la sesión.

Tercera experiencia

Grupo homogéneo, poca variedad étnico-cultural. Alumnos de un centro ajeno al autor. 4º ESO. Al presentar la experiencia y, especialmente al manipular la moneda y el cepillo se observan caras de interés, sonrisas y expresiones del tipo «qué caña!, es fuerte tío esto»

- 1 JACINTO: Es por la superficie (gesto de que la mano es curva)

- 2 NARCISO: Si es por la superficie de la piel también irá en el brazo porque es
3 liso
- 4 JACINTO: No, mira! (se frota la moneda en el dorso de la mano) Aquí tampoco
5 va
- 6 ROSA: Aquí tampoco va...(haciéndolo) y no.
- 7 NARCISO: Entonces no es porque sea curva, porque aquí (el brazo) está liso,
8 entonces es por la superficie de la piel
- 9 JACINTO: Por los poros. Extiéndela (la mano) haciendo fuerza (consigue con la
10 mano muy tensa que la moneda se barra ligeramente)
- 11 ROSA: A ver si vas a reventar el cepillo (risas)
- 12 JACINTO: Sí, sí, mira, sécate la mano
- 13 NARCISO: (se fricciona la mano con el brazo enérgicamente). No
- 14 ROSA: Creo que ha sido casualidad. (A JACINTO) pero es barriendo no
15 *empujando*
- 16 JACINTO: Con la mano totalmente extendida sí que se mueve
- 17 NARCISO: Tocando esto (la mano) sin apoyar los pelos en la mano, sí que se
18 mueve.
- 19 JACINTO: Es por los pelos (del cepillo, cerdas) (lo hace muy suave, barriendo
20 lateralmente, de izqda. a derecha, no de muñeca hacia uñas) Sin que los pelos
21 toquen la mano porque cuando los pelos tocan la mano...
- 22 NARCISO: Cuando los pelos tocan la mano, lo que hacen es tirar los pelos
23 hacia atrás y permitir que la moneda pase sin empujarla
- 24 JACINTO: ...por la fricción. Hay menos fricción al pasar así (con las cerdas
25 menos aplastadas sobre la mano) (prueba también en el dorso de la mano)

26 YO: La has puesto antes al revés (en el dorso)...¿la curvatura?

27 NARCISO: No estamos hablando de la curvatura. No estamos diciendo que sea
28 por la curvatura, estamos diciendo que aquí (mesa) es más lisa la superficie y
29 los pelos deslizan y no se tiran hacia atrás, sin embargo, en la mano los pelos
30 se, se...*contraen*, cuando haces así (presiona) se tiran hacia atrás y permiten
31 que la moneda pase (por debajo)

32 JACINTO: Si tú estás así con la mano doblada (mano cóncava) y pasa sobre la
33 moneda (barre de lado y la moneda se mueve)

34 ROSA: Pero eso es empujar

35 JACINTO: Pero si la barres no (inclina el cepillo con el mango por delante y
36 bajo, forzando el ángulo de la cerda a una posición muy desfavorable)

37 ROSA: Pero es en el mismo sentido

38 JACINTO: Si te pones sobre la moneda tampoco (posiciona el cepillo sobre la
39 moneda al iniciar el movimiento) Si la estiras totalmente, sí (tensa la mano y
40 barre “superficialmente”) Poco pero sí

41 ROSA: Niega con la cabeza

42 JACINTO: No, pero sí que se mueve, mira. Consigue barrer ligeramente la
43 moneda de izqda. a dcha. Si tienes totalmente la mano plana sí que se estira
44 (...supongo que quiere decir sí que se mueve)

45 NARCISO: Si es porque sea rugosa, esto (folio papel) es más rugoso y...
46 también se mueve

47 JACINTO: Es por la ... por la ma... por la esto (se frota la palma de la mano)
48 porque aquí (mesa) es fino, si tu pones... Cuando haces así (curva la palma de
49 la mano) tienes...como...como más “esto” (¿concavidad?) cuando la estiras
50 está... más recta

51 NARCISO: ¿¿Por lo que hay menor gravedad (inaudible, puede que le este
52 pidiendo a ROSA que coloque delante su mochila porque lo hace ipso facto) La

53 cartera tiene también rugosidad e igual es por eso (repiten la experiencia
54 sobre una mochila con libros dentro)

55 JACINTO: Mira, así (arruga la tela de la mochila sobre los libros del interior y la
56 moneda no se desplaza). Ahora ponla aquí, y si la estiramos totalmente...
57 (alisa la cartera y la moneda se mueve)... Es por las hendiduras, porque date
58 cuenta que el cosido que tiene es como la piel, si lo estiras mucho se estiran...
59 (vuelven a probar en el brazo estirándose la piel y no se mueve)... Ahí influye
60 el sudor.

61 VIOLETA: A ver tu piel (a NARCISO) que es diferente

62 NARCISO: Sí, es por la grasa de la piel...

63 VIOLETA: (haciéndolo en el brazo de NARCISO sin resultado)...que no, que no.
64 (NARCISO barre con las cerdas incidiendo de manera más paralela a la
65 superficie del brazo y la moneda cae)...ROSA: Así no vale (en las condiciones
66 iniciales impuse que el cepillo estuviera con el mango paralelo a la superficie)

67 JACINTO: (Vuelve a barrer en la mesa) pero es que, si pones papelitos por
68 aquí, si esto lo pones así (coloca el cepillo en diversos ángulos respecto a la
69 superficie y aplicando distintas presiones)... los vas moviendo y ya no los
70 barres... aquí (en la mano) tienes esto de aquí (los "montes" de la palma de la
71 mano) que no te permite que haga todo el contacto y mira, por aquí en
72 medio...

73 ROSA: Sí, está el agujero, claro (observando el agujero que forma la
74 concavidad de la mano, donde se aloja la moneda en la experiencia)

75 JACINTO:_Entonces, cuando tú la estiras la pones totalmente plana y si que
76 hace todo el esfuerzo con la mano (con el índice marca el recorrido en la
77 palma mostrando que no hay tanto "relieve")

78 VIOLETA: Pero también es la textura

79 JACINTO: Pero si tu pones la mano así (la tensa) y buscas algún sitio que...

80 VIOLETA: Pero también cuesta más ¿no?, no es igual...no es ... rápido (lo hace
81 en la mesa)

82 JACINTO: La mano tiene una hendidura aquí en medio. Si tu la miras por aquí
83 (desde arriba, en planta) no la ves, si la pones aquí (se la coloca en el
84 montículo de la base del metacarpo pulgar...no se mueve)

85 NARCISO: También lo hemos hecho en el brazo y en el brazo no se movía

86 ROSA: Y en el brazo no hay hendiduras

87 NARCISO: JACINTO se frustra (no puede moverla en la posición mencionada)

88 ROSA: Es un filósofo, eres un pensador

89 NARCISO: Pone cara de frustración cuando no le sale (JACINTO lo intenta en
90 diversos lugares de la palma de la mano de manera infructuosa)

91 VIOLETA: Es como la tela de spiderman que se pega

92 ROSA: no JACINTO, no!

93 JACINTO: que sí que se barre (consiguiendo un casi inapreciable
94 movimiento)...es cuando la pones recta y plana, tiene que estar plana y
95 lisa...cuanto más ¿¿¿estable???(inaudible) está, mejor se barre

96 NARCISO: (lo intenta de nuevo en la mano, en varias posiciones incluso
97 inclinado la mano para que casi caiga sola)

98 JACINTO: (Se coloca un folio sobre la mano y funciona)

99 VIOLETA: Es por la piel

100 JACINTO: En la piel se pega (pide permiso para utilizar papelitos en lugar de
101 monedas)

102 NARCISO: Porque es poroso...De todas formas, fíjate, aquí (en la mesa) cuando
103 pasas el cepillo, los pelos no se mueven, sin embargo, en la mano se doblan,
104 por lo tanto pierden fuerza para empujar a la moneda.

105 JACINTO y NARCISO (*unísono*): Se frenan

106 ROSA: Pero si los pusiéramos en una superficie porosa también?

107 NARCISO: Puede. En la cartera, también se doblan los pelos y entonces
108 pierden fuerza.

109 JACINTO: Pero cuando la estiras (prueban en la cartera con un libro en el
110 interior)...se doblan menos

111 NARCISO: Es por eso ¿no?

112 JACINTO: (Prueba con un papel doblado en lugar de la moneda, que es barrido
113 obviamente al ejercer el movimiento sobre la parte cóncava del doblado, y
114 también pero con más dificultad por la convexa...no comentan nada al
115 respecto)

En este punto, corto el debate en pequeños grupos, solicito que escriban las conclusiones y paso a un debate entre grupos. En el debate se postulan varias opiniones, entre ellas que los pelos del cepillo son responsables del efecto. Ante una propuesta de cambiar las condiciones de las cerdas del cepillo cortándolas, proveo de tijeras a los grupos y vuelvo a dejar que experimenten.

116 JACINTO: y si los pelos fueran más cortos...

117 Narciso: ¿podemos cortarlos? (respondo que sí y doy tijeras)

118 YO: ¿Qué pensáis que va a pasar?

119 JACINTO: los pelos al ser más cortos van a tener más fuerza para mover la
120 moneda

121 YO: o sea, la longitud de los pelos influye por qué...

122 JACINTO: se doblan más y al doblarse...

123 NARCISO: pierden fuerza.

Cortan los pelos del cepillo y prueban...vemos que hay que cortar más y mientras, el grupo que no entra en la grabación dice que si lo haces de lado seguro que se barre la moneda (ya expuesto por los subgrupos con anterioridad). Aprovecho y pregunto: "y si aprietas más y haces más fuerza que sucederá:

124 NARCISO: ...si aprietas (contra la mano) más, todavía peor porque hay más
125 rozamiento

Prueban con las cerdas cortadas y se produce un ligero movimiento de la moneda en la mano.

126 JACINTO: poco a poco sí que se mueve

127 NARCISO: al ser más cortos son más duros, se doblan menos y empujan mejor,
128 tienen más fuerza

129 YO: pero comparado con la mesa... sigue sin vencerla.

130 NARCISO: porque es mucho mayor el rozamiento con la mano

Tras este nuevo ensayo, planteo cuestiones cómo ¿qué influye más, si los pelos, la curvatura de la mano, etc., produciéndose respuestas de los diversos grupos. pido una valoración, una gradación de factores que intervienen.

131 NARCISO: primero influye el rozamiento, luego la curvatura y luego los pelos.

Se producen un par de intervenciones desde otro grupo haciendo referencia a la curvatura de la mano, con alguna refutación argumentada. Doy por finalizada la grabación.

Cuarta experiencia

Grupo de 4º ESO. Instituto ajeno al autor. Grupo heterogéneo en cuanto a nivel curricular y étnico-cultural. Se les plantea la actividad de ¿Por qué sube el agua?. Básicamente les muestro el efecto y les propongo que me den una explicación tras dividir a la clase en varios grupos. Por motivos técnicos me centro en un subgrupo al azar. El grupo es el que posteriormente servirá de análisis en cuestionarios ya que durante el curso será *tratado*, al utilizar recursos de ciencia recreativa, ya sea en actividades como ésta, como ejemplos introductorios, etc.

- 1 TOÑO: la vela se apaga porque se acaba el oxígeno... vale
- 2 SIXTO: eso ya lo sabemos, pero... ¿por qué chupa el agua?
- 3 JULIA: porque ya no hay oxígeno y le hace subir para arriba
- 4 TOÑO: espera, espera, que se ha producido dióxido de carbono. Ya está, el
5 agua tiene oxígeno... el dióxido de carbono baja y hace que el agua suba
- 6 JULIA: ¿Cómo?
- 7 SIXTO: no tío pero el agua (...inaudible...) y luego no.
- 8 JULIA: yo no me entero.
- 9 TOÑO: mira, el dióxido de carbono pesa menos... digo pesa más que el
10 oxígeno, y el agua te da oxígeno. Al consumirse la vela quiere decir que ha
11 consumido todo el oxígeno y ha soltado dióxido de carbono y entonces el
12 agua ha subido porque tiene oxígeno.
- 13 RUFINA: ¡ah! No llegas a esa conclusión... (en realidad, no lo explica)

- 14 TOÑO: yo he llegado hasta ahí pero no...
- 15 RUFINA: es que si... eso... lo que tú dices no llega a la conclusión de porqué
16 sube el agua. No es eso.
- 17 TOÑO: pero no voy a pensar yo solo... tenéis que pensar vosotros también
- 18 JULIA: yo digo eso... que si no hay oxígeno... al no haber oxígeno,... como se
19 apaga la vela... yo que sé...
- 20 TOÑO: entonces hemos quedado que se apaga la vela porque consume
21 todo el oxígeno, y desprende dióxido de carbono, y el dióxido de carbono
22 como pesa menos (quiere decir mas con gestos) que el oxígeno, baja.
- 23 RUFINA: pero con eso no te llega... por qué sube el agua no es eso.
- 24 TOÑO: pero es que el agua tiene oxígeno
- 25 SIXTO: y que tiene eso que ver
- 26 RUFINA: ¿qué sucedía para que la presión... el esto del agua suba...?
- 27 TOÑO: el nivel
- 28 RUFINA: ¿y qué tiene que pasar para que el nivel suba?
- 29 TOÑO: y si hace.... ¿puede hacer vacío?
- 30 SIXTO: no porque hay rugosidades en el plato, por eso él pone la moneda
- 31 TOÑO: sí, hace efecto ventosa... por eso puede subir el agua
- 32 RUFINA: el fuego algo tendrá que ver....

- 33 YO: insto a que repitan la experiencia y que observen detenidamente.
34 Colocan el agua en el plato y encienden la vela
- 35 JULIA: pon el vaso Rufina, pon el vaso
- 36 TOÑO: espera un poco, espera...
- 37 -Esperan un poco observando la llama de la vela. Ponen el vaso-
- 38 JULIA: ya se apaga, ya se apaga
- 39 RUFINA: no ha subido tanto
- 40 TOÑO: pero... ¿por qué sube?
- 41 RUFINA: por el fuego
- 42 TOÑO: es la cuestión, que cuando se apaga, sube
- 43 RUFINA: es el fuego
- 44 SIXTO: tiene algo que ver con el oxígeno
- 45 TOÑO: ...es el efecto ventosa. Cuando haces el efecto ventosa desplazas
46 todo el aire y no queda aire y entonces se pega (una ventosa), pues aquí, al
47 no haber oxígeno, pues hace el efecto ventosa y sube el agua.
- 48 -TOÑO levanta el vaso y nota cierta resistencia al quitarlo-
- 49 TOÑO: ¡lo ves!... efecto ventosa, lo ves.
- 50 SIXTO: eso ya lo se
- 51 TOÑO: si quieres lo vuelvo a hacer.

52 YO: quiero que observéis bien

53 RUFINA: como si fuera lo ultimo que vais a ver en vuestra vida (risas)

54 JULIA: tú fíjate en lo que hace cuando se apaga

55 TOÑO: sube el agua

56 JULIA: tú fíjate

57 TOÑO: se apagó,

58 JULIA: y suelta algo para arriba

59 TOÑO: claro, hace efecto ventosa

60 -JULIA retira el vaso y nota la resistencia-

61 TOÑO: lo ves, hace efecto ventosa

62 JULIA: sí que hace, sí que hace

63 RUFINA: él (SIXTO) ya te lo ha dicho que sí que hace efecto ventosa

64 JULIA: yo sí que he visto que hace efecto ventosa... porque no me lo creía

65 RUFINA: sí... ¿pero por qué?

66 TOÑO: pues por eso, porque el oxígeno se acaba

67 SIXTO: no se...

68 TOÑO: claro, no hay oxígeno, al no haber oxígeno, el dióxido de carbono....

69 como si no estuviera porque no.... ahora mismo no tengo ni puta

70 idea....pero es por eso por que se acaba el oxígeno y hace que el agua suba.

71 -RUFINA prueba sin vela y observa que no pasa nada, se queda igual-

72 YO: voy a hacer una cosa y observáis a ver que ocurre y os da más pistas.
73 Vamos a a hacerlo muy rápido, no os lo perdáis. O sea, en vez de meter
74 poco a poco el vaso, metedlo rápido. Lo hago delante de ellos.

75 TOÑO: ¡mira!, ¡mira! el oxígeno

76 RUFINA: ha subido un montón la presión (quiere decir nivel, ya lo ha
77 confundido antes) del agua

78 YO: voy a volver a empezar para que veáis lo que pasa cuando lo hago muy
79 rápido; a ver si hay alguna cosa distinta de lo de antes. Observadlo bien.
80 Intento, sin verbalizarlo, que vean las burbujas que se desprenden

81 RUFINA: burbujitas

82 SIXTO: las burbujas

83 JULIA: y sube el agua

84 RUFINA: si va subiendo ahí. Ahí se queda. ¿Ahí no hay agua?

85 SIXTO: sí, sí que hay agua (subiendo). Mira, ahí se empieza a... (inaudible)
86 algo fíjate como “*sisea*” (parece que utiliza este verbo, pero no se escucha
87 con detalle)

88 RUFINA: ya se ha llenado

89 -RUFINA retira el vaso y retira el agua condensada en las paredes pero no
90 repara en ese hecho. Pide algo para secarla porque no ve-

91 SIXTO: *sisea* cuando se esta llenado *sise*”...pero ¿por qué? eso te pregunto,
92 ¿por qué?

93 TOÑO: por el oxígeno

94 RUFINA: (vuelve a encender la vela y dice): ¡mirad chicos, mirad! Ha salido
95 espumita (burbujas). Pero escúchame, que ahí no hay agua, no hay agua
96 ¡eh!... mira ahora se está llenando, se está llenando...ahora se acaba de
97 llenar.

98 SIXTO: esta bien lo que dice Toño, pero por qué hace eso

99 TOÑO: por el oxígeno

100 Sixto: la vela necesita oxígeno, vale

101 TOÑO: y va consumiendo el oxígeno

102 YO: habéis visto alguna diferencia-

103 RUFINA: sí, que cuando lo metes rápido no hay casi agua dentro y luego ya
104 se va llenando

105 JULIA: pero ¿por que?

106 TOÑO: por eso, por el oxígeno

107 RUFINA: ¿y las burbujitas?

108 En este punto y por apremio de tiempo, solicito que los grupos hagan una
109 puesta en común. Las explicaciones van todas por el mismo camino...

110 PORTAVOCES

111 RAMÓN: al poner... al hacer este experimento, la vela necesita oxígeno para
112 estar encendida y al poner el vaso le limitamos el oxígeno,...y mientras, se
113 va quemando el oxígeno que hay dentro del bote y entonces cuando ya se
114 apaga la vela significa que no hay mas oxígeno dentro del bote y entonces

115 aumenta el agua, ... o sea, succiona el agua para equilibrar la falta de
116 oxígeno

117 GABRIEL: al apagarse la vela significa que el oxígeno se ha agotado y el
118 resultado de la combustión de la vela es CO₂, que yo pienso que ocupa
119 menos espacio que el oxígeno y entonces el espacio que ha dejado se ha
120 llenado de agua y por eso flota la vela, porque...flota porque tiene poco
121 peso.

122 TOÑO: al encerrar la vela, la vela va consumiendo el oxígeno y lo va
123 convirtiendo en dióxido de carbono. Lo que supongo es que al consumirse el
124 oxígeno hace como un efecto ventosa y eso produce que el agua ascienda
125 en el vaso...lo que no se es....

126 YO: él (Gabriel) ha dicho que al consumirse el oxígeno se produce CO₂... y si
127 yo os digo que el CO₂ ocupa lo mismo, o más que el oxígeno... ¿cómo
128 explicamos que haga ventosa?

129 TOÑO: porque el dióxido de carbono pesa más que el oxígeno y...

130 YO: explico que se produce CO₂ y que es muy poca la variación en volumen
131 gaseoso ya que solo el 21 % es oxígeno y la vela se apaga cuando llega al
132 15%... Vuelvo a dejar unos minutos a los grupos.

133 -Pregunto...¿no habéis observado nada al hacerlo mas rápido?

134 SIXTO: las burbujas

135 TOÑO:que el aire salía...¡claro!

136 -Le pido que explique al grupo creyendo que ha encontrado la idea clave...el
137 grupo de debate se ha ampliado a toda la clase.

138 TOÑO: la vela consume un 6% de oxígeno, pero lo otro, lo que falta de
139 oxígeno, lo que falta por consumirse, ha salido cuando hemos puesto el
140 vaso.

141 YO: ¿ha salido?

142 TOÑO: en forma de burbuja

143 RAMÓN: y entonces... ¿la vela que traga?

144 TOÑO: el 6% de oxígeno que ha dicho antes

145 YO: pero lo convierte en CO₂

146 TOÑO: claro, pero el CO₂ no lo puede quemar, se supone

147 RAMÓN: el CO₂ sale porque sobra dentro del vaso.

El debate continúa en el grupo pero de manera estéril en cuanto a explicación correcta se refiere. Detengo el debate e intento encauzar las explicaciones hacia el motivo real. No consigo el propósito, y explico en la pizarra lo que está ocurriendo. Se observa una atención especial de todo el grupo, quieren saber que ha pasado en realidad.

ANEXO 5

TRANSCRIPCIÓN DE LAS ENTREVISTAS REALIZADAS A LOS PROFESORES QUE ASISTIERON A UN CURSO DE FORMACIÓN

Entrevistado: Maestro de educación primaria, 27-28 años de docencia

1 **Yo:** Trabajas contenidos de conocimiento del medio, contenidos
2 científicos, ¿no?

3 **El:** Trabajo de castellano de valenciano de conocimiento del
4 medio, De todo. En conocimiento del medio siempre intento
5 trabajarlo a través de prácticas en cada unidad, o por lo menos una
6 vez al mes suelo ir al laboratorio. A veces lo hacemos en clase
7 porque es más práctico. A veces lo mando para casa. Para casa lo
8 mandas como un deber y se lo llevan y lo valoras como una
9 actividad extra y puntúas más en el control, les sube la nota.

10 **Yo:** Y cuando trabajas contenidos científicos, ¿utilizas la ciencia
11 recreativa, los experimentos que hicimos en el curso? ... ¿tú crees
12 que eso es útil, hasta qué punto te resulta útil para tu práctica
13 docente?

14 **El:** Los chicos comprenden mejor así y los conceptos, los
15 conceptos que son complejos, de mates, de fuerzas o lo que sea,
16 ellos mismos lo experimentan. Lo hacen jugando y el concepto así
17 entra más fácil y el objetivo se consigue así, claro

18 **Yo:** Los niños... ¿tú crees que tienen más interés haciéndolo así?

19 **El:** El interés es total. Es como cuando van a educación
20 física. «¿Cuándo vamos al laboratorio?! ¿Cuándo vamos al
21 laboratorio?!», lo piden ellos constantemente son actividades muy
22 amenas, muy prácticas y que les gusta, por eso siempre lo piden.

23 **Yo.** Entonces, más o menos ya me lo has dicho, crees que ellos
24 entienden mejor así los conceptos y los procedimientos
25 científicos...

26 **El:** Es que claro también así lo ven, si no lo tocas no lo ves. Si
27 explicas el ciclo del agua... vale muy bien la teoría, el
28 dibujito, pero cuando ellos ven que tú calientas el agua, que se
29 evapora, que se produce la condensación y caen las gotas, están
30 viéndolo, es mucho mejor que en la teoría.

31 **Yo:** Si, el experimento tiene un componente más espectacular, más
32 lúdico, ¿cómo responden ellos, a ellos les gusta más que cualquier
33 otra práctica normal o basta con ir al laboratorio a toquetear? o si
34 hay algo más...

35 **El:** Claro si hay una explosión o una cosa rara, (*ríe y asiente*) pero
36 en general en cuanto digo que preparen el material... yo les digo:
37 «preparar esto lo otro ponerlo en una bolsita», porque yo procuro
38 que no sea yo el que prepare todo, les pido que traigan de casa sus
39 cositas

40 **Yo:** Y, ¿más o menos son las cosas del curso que hicimos?

41 **El:** Sí, más o menos todo lo que hicimos el año pasado. Lo
42 programamos todo lo que nos diste. Vamos aplicándolo al temario,

43 al currículo. En tercero que estoy dando la presión pues cojo uno de
44 los experimentos y lo que me haga falta...

45

46 **Yo:** Comparando con otras prácticas metodológicas, por ejemplo
47 confeccionar un mural ir a visitar a un museo... ¿tú que crees que
48 les gusta más a ellos?, ¿les gusta más que ir a un museo o jugar a
49 un juego de rol-play... o un experimento científico?

50 **El:** Lo que más les gusta son los juegos de educación física, eso es
51 el máximo. Preparar un juego jugar a cualquier juego o dirigir un
52 juego para ellos eso es lo máximo. Después al laboratorio... yo
53 creo que también igual, que ellos siempre te lo están pidiendo. Ir de
54 visita a un museo... también, pero tienes que preparar una parte
55 práctica. Ellos quieren algo también práctico y salen fuera... por
56 ejemplo ahora hemos ido a ver una exposición de Toulouse Lautrec
57 a ver una exposición de carteles en la casa de la cultura y después
58 ellos tenían que hacer un cartel con los mismos dibujos, con la
59 misma simbología. Eso también les gustó, es decir ellos si van a un
60 sitio y luego hay una parte práctica, eso les gusta. Pero si van a un
61 sitio y solo les cuentan cosas, enseguida empiezan ¡que rollo! Se
62 enteran un poco menos. A ellos les gusta que siempre después
63 haya algo práctico. Por ejemplo el año pasado hicimos al final de
64 curso una visita al museo de la ciencia de Barcelona y les encantó
65 porque podían toquetear todo lo que había allí. Esa excursión yo
66 siempre la hago, es muy chulo y allí es todo toquetear todo lo que
67 han visto durante el año conmigo en el laboratorio luego allí lo
68 toquetean. Vimos en los experimentos de rozamiento, de
69 magnetismo, con hielo... bueno disfrutaron. La verdad es que está
70 muy bien lo que ha hecho La Caixa con el edificio, muy moderno,
71 muy documentado todo está fabuloso. Ellos quieren toquetear todo.
72 Conceptos como el de la presión, o lo que sea ellos les interesa que
73 sea toqueteando y cuanto más divertido mejor.

Entrevistada: Maestra de infantil, 24 años de docencia.

1 **Yo:** ¿Siempre has impartido en infantil o también en primaria?

2 **Ella:** Cuando estaba en Gerona de prácticas estuve en primaria en
3 primero segundo y quinto, pero claro eran prácticas de oposición,
4 después siempre en infantil.

5 **Yo:** ¿Cuántos años llevas en la docencia?

6 **Ella:** Desde el año 89, o sea 24 ó 25 y siempre en infantil y no
7 cambio, yo... no si la verdad es que no se está mal en infantil.

8 **Yo:** ¿Trabajas contenidos científicos?

9 **Ella:** Contenidos científicos no, a ver trabajas contenidos
10 científicos de forma globalizada. Se trabajan porque, por ejemplo
11 tú trabajas lo que es la vida de las plantas y por ejemplo trabajas lo
12 que es la semilla, el nacimiento de la planta, que hay que regarla...
13 a ver un contenido científico, no sé yo, es un contenido científico
14 pero muy especial... pero claro sí, sí que se trabaja, porque por
15 ejemplo, tu coges una manzana, la pelas y ellos ven que se oxida,
16 ellos ven lo que es un alimento carnoso, un alimento que tiene
17 piel... entonces sí que se trabaja, de forma indirecta sí que se
18 trabajan... en infantil se trabaja así.

19 **Yo:** Pero claro yo, como ya vi, en infantil sólo se trabajan los
20 sentidos (*currículo*)

21 **Ella:** Sí, de forma muy globalizada, pero tú después puedes
22 trabajar, por ejemplo, mira la manzanilla, la manzanilla es una
23 planta, esa planta ellos la ven como nace, como crece esa planta, la

24 cogen y de ahí sacan un té, un líquido y todo eso lo hacemos, o sea
25 de forma indirecta se hace.

26 **Yo:** Con las cosas del curso que hicimos, o sea, hicimos un curso
27 de ciencia recreativa, de eso, ¿qué trabajas con ellos?

28 **Ella:** De eso lo trabajamos todo, todos los experimentos que
29 trabajamos en el curso los he hecho casi todos y los que me he
30 dejado es porque ya no hemos podido hacer más.

31 **Yo:** ¿Y los niños se lo pasan bien?

32 **Ella:** Los niños se lo pasan fenomenal, si vieras la foto que tengo
33 de Lucía con los ojos muy abiertos cuando miraba el palito
34 atravesando la bolita... ellos se lo pasan “superbien”. Si tú haces
35 una cosa que ellos la manipulan, que ellos la hacen y tiene un
36 resultado, eso es lo mejor, es decir experimentar, manipular y el
37 resultado, el resultado tiene que ser en seguida, inmediato a corto
38 plazo. Cuando tú haces eso, tienes el éxito asegurado con los niños.

39 **Yo:** Y ellos, ¿son conscientes de que están haciendo ciencia, entre
40 comillas, cuando hacen eso?; ¿tú les dejas caer que eso que están
41 haciendo es ciencia?

42 **Ella:** No es que yo lo dejé caer, es que lo dicen ellos: “seño”
43 estamos experimentando, estamos haciendo experimentos, somos
44 científicos. O sea, que ellos desde el primer momento ya saben que
45 están haciendo experimentos científicos.

46 **Yo:** ¿Y tú notas que aumenta su interés?

47 **Ella:** Les interesa muchísimo. Ellos, el día que no hacen
48 experimentos les falta algo. Un jueves, que es el día de los
49 experimentos, y que, a lo mejor tienes que ir al teatro porque toca
50 un teatro ellos dicen «¡oooooh!»; tienes que decir bueno no os
51 preocupéis, mañana haremos los experimentos que hoy hay que ir
52 al teatro porque era preciso, que ya estaba previsto así. Pues al día

53 siguiente tienes que hacer los experimentos. Además, ellos lo hacen
54 aquí y cuando van a casa se lo hacen a sus padres se lo dicen a sus
55 padres y los padres, algunos no tienen ni idea. Por ejemplo, lo que
56 es un cubito de hielo que te lo pones en la boca y el calor de la boca
57 lo derrite. Y los niños sí, ellos solos llegan a las conclusiones de
58 una manera muy elemental, a su nivel pero llegan a sacar
59 conclusiones.

60 **Yo:** ¿Y tú crees que eso motiva de cara a la formación científica
61 futura de los niños?

62 **Ella:** Sí, claro que sí, claro que motiva y yo te diré porque, porque,
63 por ejemplo, cuando ellos van luego a segundo o a tercero (*de*
64 *primaria*) y tu vas a dar un tema en el que se hable de densidad, o
65 en matemáticas, cuando hablan de lo que es un litro o cualquier
66 cosa, si ellos han hecho un experimento relacionado con la
67 medición o lo que sea con agua, por ejemplo cuando ellos llegan
68 a matemáticas y vean lo que es un litro... un litro, si tú no lo ves
69 representado es muy abstracto. Pero si tú el litro lo has trabajado en
70 un experimento al coger una botella de un litro de agua y decirles
71 aquí hay un litro de agua y a lo mejor ese agua la has vertido sobre
72 un pozal y le dices que este litro de agua lo he echado en el
73 pozal... cuando luego ellos vayan a hacer medidas de capacidad en
74 matemáticas ellos se acuerdan que un litro es lo que estaba en la
75 botella del experimento que hicieron en infantil. Esa abstracción
76 ellos no la tienen; tienes que ir a casa y organizarte con botellas de
77 un litro, medio litro, 250, 50... porque la mente de ellos está ya
78 muy... no sé cómo decirlo... porque la mente de ellos está más
79 cuadriculada. En infantil su mente no está tan cuadriculada
80 y entonces ellos lo ven. Tienen la mente como más elástica,
81(yo): *más abierta*y después eso lo aprovechan.

82 **Yo:** ¿Tú crees que la gente trabaja estos contenidos de esta forma,
83 así, en infantil?

84 **Ella:** Sí, en infantil yo creo que si trabajamos así.

85 **Yo:** ¿Así, haciendo experimentos?

86 **Ella:** Sí, sí, así como nosotros.

87 **Yo:** Pero, ¿gente que ha ido a algún curso como el nuestro o se lo
88 montan ellos?

89 **Ella:** No, no, ellos se lo montan. En infantil se trabaja siempre por
90 proyectos y al trabajar por proyectos se tiene una visión más amplia
91 y te motiva más buscar cosas nuevas para trabajar. También el ciclo
92 de infantil da más para hacer estas cosas.

93 **Yo:** ¿Tú crees que depende de la formación que tenga el maestro?

94 **Ella:** Sí, sí, pero también influye el ambiente de motivación que
95 tengan los compañeros. Por ejemplo, tú dices: “este año vamos a
96 plantearnos: uno que haga los experimentos, otro que haga plástica,
97 otro que haga música...” y entonces tú vas con los compañeros....
98 el pique de trabajar.... yo, por ejemplo, este año lo he hecho y el
99 año que viene me toca el apoyo y todos mis compañeros saben que
100 todos los niños van a tener sesiones de experimentos. Ellos están
101 encantados. Yo creo que si motivas a los niños.... en infantil, todo
102 lo que sea motivar a los niños a nosotros también nos motiva y tú
103 ves ahí un resultado. Entonces claro, si a los niños les gusta, eres la
104 primera que lo hace. Entonces por eso en infantil se hace, se hace,
105 se hace, ya te lo digo. El dossier mío de experimentos es así (*hace*
106 *gestos con las manos de una gran cantidad*). Ahora, también te
107 digo una cosa, el resultado de plasmar la actividad que tú estás
108 realizando, que tú está manipulando... pues yo te digo que puedes
109 estar desde las 3 que entras hasta las 4 o las 4 y cuarto, porque ellos
110 no se cansan pueden estar haciéndolos (*los experimentos*) una y
111 otra vez y no se cansan, el resultado de plasmarlo en la ficha tiene
112 que ser muy escueto, muy corto, porque claro, ellos lo que quieren
113 es interactuar, interactuar con el agua, con la manzana, tocarla,
114 pelarla, triturarla...

115 **Yo:** Poner las manos encima... (hands on)

116 **Ella:** Claro, es como si tú te apuntas a un taller de cocina. En un
117 taller de cocina... es tan manipulativo que a ellos les encanta.

118 **Yo:** ¿Y tú qué piensas, qué les gusta más hacer experimentos que,
119 por ejemplo ir a visitar un museo o comentar una noticia o
120 cualquier otra cosa?

121 **Ella:** Claro, todo lo que sea manipulativo les gusta más. Pero claro,
122 si tú te planteas una visita a un museo, tienes que motivar, tiene que
123 ser muy manipulativa, o que esté dentro de un proyecto en el que
124 ellos estén interesados. Por ejemplo, dices vamos a ver el cuadro de
125 Felipe V, el cuadro que está boca abajo porque quemó Xátiva y
126 claro tienes que contarles cosas. Hay aspectos que tú tienes que
127 motivarlos más. Claro, no es igual, una cosa práctica motiva. Ellos
128 siempre me gritan ¡experimentos!, ¡experimentos! y vamos a la
129 mesa y ellos van pasando. Pero también te tengo que decir una
130 cosa, para hacer experimentos necesitas uno por cada equipo. Pues
131 por ejemplo, conmigo, con una de prácticas, con la de apoyo, uno
132 por cada grupo. Y yo por ejemplo no voy al laboratorio, no me
133 hace falta. Aquí tengo un aula muy práctica, tengo una pila... y
134 tengo condiciones.

135 **Yo:** Pero además, claro las cosas que hacéis aquí son muy
136 sencillas.

137 **Ella.** Sí, también podría haber ido, porque si además tú a ellos les
138 pones una bata, por ejemplo o cualquier cosa... a ellos, si le vas
139 añadiendo complementos, a ellos les encanta.

Entrevistada: Maestra de educación infantil. 5 años de docencia

1 **Yo:** ¿Trabajas contenidos científicos?

2 **Ella:** Si claro.

3 **Yo;** ¿Y cómo lo haces, qué contenidos trabajas?

4 **Ella:** Pues cojo un contenido científico y busco un cuento. Cuento
5 ese cuento de una manera muy sencilla, de una manera que puedan
6 llegar a entenderlo. Después se hacen tres o cuatro experimentos
7 manipulativos

8 **Yo:** Y esos experimentos manipulativos... ¿cómo los planteas,
9 muy restringidos, muy abiertos?

10 **Ella:** Te explico, lo que hacemos son talleres y los de 3, 4 y 5 años,
11 y como tenemos la maestra de refuerzo, nos dividimos a los niños
12 en cuatro así tocamos a menos niños. Así yo tengo niños de 5 de 4
13 y de tres y se plantean.... los de 5 manipulan más, se hacen más
14 cargo de la actividad, lo captan más pero bueno los de 4 y los de 3
15 también. También es cierto que hay experimentos más
16 manipulativos y los hay menos.... En teoría es para que cada uno lo
17 pruebe, pero depende de cuantos niños sea el grupo, si salimos a
18 menos...

19 **Yo:** *Explico que los experimentos de mi curso les llamó ciencia*
20 *recreativa que se deben plantear como un juego y pregunto:* para
21 ellos el juego es clave, ¿no?

22 **Ella:** Pero por ejemplo, nosotros es que... por ejemplo,
23 cuando planteamos trabajar pues... la densidad, tiramos al agua...
24 y los niños prueban, menean en el agua con azúcar, o lo que sea o ...
25 por ejemplo con la electricidad estática... ellos prueban uno a
26 uno... tu frotas con la lana y luego ellos uno a uno lo prueban

27 **Yo:** ¿Tú piensas que eso es muy útil, poco útil, como piensas que
28 es la utilidad de estos experimentos con los niños?

29 **Ella:** Ellos con el contacto.... a veces con el cuento pueden llegar a
30 entender el concepto... pero luego el experimento es lo que les
31 atrae, verlo plasmado. Y luego van a casa y se lo cuentan a sus
32 padres.

33 **Yo:** O sea, que les atrae, básicamente les “mola”

34 **Ella:** Sí, sí claro, de hecho de los cuatro talleres, al principio había
35 uno que siempre venía hacer experimentos, salía en todas las fotos.

36 **Yo:** ¿Es lo mismo que sea en 3, 4 y 5 años, siempre les gusta
37 mucho?

38 **Ella:** Sí, sí, a esa edad solamente los experimentos... con tal de que
39 tengan agua ellos ya se pasarían todo el día toqueteando en el grifo
40 el agua.

41 **Yo:** ¿Tú crees que eso puede influir en su interés por la ciencia en
42 general, o crees que ellos no tienen mucha idea de que eso está
43 relacionado con la ciencia?

44 **Ella:** Sí, sí yo creo que sí porque, por ejemplo, te explico: una
45 compañera mía hace un taller de arte y, por ejemplo dan un pintor,
46 dan Miró, dan Kandisky... y después con los padres se van a un
47 museo a Madrid y se quedan alucinados de que sus hijos sepan que
48 pintor es. En ciencia pasa exactamente lo mismo: un niño puede
49 llegar a entender perfectamente el concepto de densidad. Si es
50 capaz de entender a Kandisky, ¿cómo no va a entender la densidad!
51 Son esponjas que lo absorben todo, lo mismo da 3 que 4 que 5.

52 **Yo:** Pero yo me refiero aumentar el interés hacia la ciencia, que
53 después de esto se encuentren con alguna cosa científica y que el
54 haber trabajado de esa manera que pueda aumentar después su
55 interés...

56 **Ella:** Sí, seguro, pero también yo pienso que a lo mejor en
57 primaria... si no funciona en la misma línea... porque claro
58 nosotros ni utilizamos libros ni.... igual que en ciencia lo utilizamos
59 de esa manera, matemáticas también las introducimos en su vida
60 cotidiana manipulando. Pero yo pienso que se rompe. Si después el
61 aprendizaje es solo memorístico pueden llegar a quitar todo aquello
62 de los experimentos. Creo que sí, que se rompe.

63 **Yo:** ¿Y por qué se rompe? porque el profesorado no está
64 preparado...

65 **Ella:** Yo es que creo que en infantil se trabaja más por proyectos y
66 con cosas manipulativas. A lo mejor la edad también lo requiere
67 más, pero después ya es el libro, más memorístico. Bueno yo... en
68 mi escuela lo veo así pero yo ya llevo 3 años haciendo
69 experimentos y veo que va muy bien.

70 **Yo:** ¿Y tú crees que eso después puede mejorar su aprendizaje de la
71 parte conceptual, procedimental o de todo?

72 **Ella:** Todo, todo. Yo creo que todo, porque claro en los
73 experimentos hay mucha parte procedimental, pero hace que
74 adquieran también los conceptos. Con el cuento ya lo ven, pero con
75 el experimento lo afirmas. Y cuando en quinto o sexto vuelvan a
76 dar ese concepto ellos se acordaran, seguro.

77 **Yo:** Y ¿cómo valoras el hecho de haber recibido
78 formación específica en ciencia recreativa, en experimentos para
79 niños? ¿Piensas que eso que es útil, que debería hacerse a menudo?

80 **Ella:** Sí, sí. Yo ya he hecho este curso y ya hice otro. Es el segundo
81 y si hubiera más los haría. Piensa que yo cada vez, en cada
82 trimestre trabajo un concepto científico y he de buscar tres o cuatro
83 experimentos acerca de ese concepto. Pero es que ese niño que me
84 entra en tres años acaba en 5 y yo tengo que estar preparada para

85 cada vez un concepto, cada trimestre un concepto... y al final son
86 muchos experimentos.

87 **Yo:** ¿Y quizás luego se rompe porque la gente de primaria no ha
88 recibido esa formación no han hecho cursos de ese tipo?

89 **Ella:** Y por que trabajan más con libro

90 **Yo:** ¿Y por qué crees que trabajan más con el libro, porque es más
91 fácil?

92 **Ella:** No sé, la verdad no lo sé, ¿por qué así son más autónomos los
93 estudiantes?

94 **Yo:** Pero claro, así después se puede romper el interés por la
95 ciencia como estábamos hablando... y, comparando los
96 experimentos con otros recursos metodológicos, ¿cómo lo ves? si
97 tuvieras que ponerle nota a lo que es una visita a un museo o
98 trabajar en un experimento o ver una película o cosas así...

99 **Ella:** Los experimentos es lo mejor porque son manipulativos y
100 todo lo que sea así les encanta a los chavales, más incluso que las
101 rutinas de todos los días, que hay se trabaja la numeración el día los
102 cuentos... pero con los experimentos... como además tienen una
103 parte de magia que ellos no saben lo que van hacer trabajar,
104 hipótesis anticipadas etc.... es más motivador

Fuera de grabación se recogen comentarios muy interesantes que lamentablemente se han perdido para este trabajo. No obstante, cabe mencionar uno, que si bien no es literal, sí recoge el sentido de la entrevistada: "...la mayoría de mis compañeros en la facultad habían estudiado un bachillerato de letras... muchos de ellos odiaban las ciencias y casi ninguno entendía demasiado bien su significado... aprobaban las asignaturas de relacionadas con la ciencias, las matemáticas, como buenamente podían, y en muchas ocasiones con increíbles esfuerzos memorísticos, carentes de sentido crítico o comprensión última.... con este panorama, ¿cómo

va a ser la educación científica de los niños cuando ejerzan su profesión.

ANEXO 6

RESULTADOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS DEL PROGRAMA SPSS (juegos y experiencias)

- Alumnos de ESO comparados con grupo de control

Pruebas de Mann-Whitney

Rangos

situacion		N	Rango promedio	Suma de rangos
juegos	0	170	105,60	17951,50
	1	65	150,44	9778,50
	Total	235		
experiencias	0	170	107,44	18265,00
	1	65	145,62	9465,00
	Total	235		

Estadísticos de contraste^a

	juegos	experiencias
U de Mann-Whitney	3416,500	3730,000
W de Wilcoxon	17951,500	18265,000
Z	-4,565	-3,891
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000

a. Variable de agrupación: situacion

● **Alumnos tratados (final de curso) comparados con grupo de control**

Rangos

situacion		N	Rango promedio	Suma de rangos
juegos	0	170	97,25	16532,50
	2	46	150,08	6903,50
	Total	216		
experiencias	0	170	99,52	16918,00
	2	46	141,70	6518,00
	Total	216		

Estadísticos de contraste^a

	juegos	experiencias
U de Mann-Whitney	1997,500	2383,000
W de Wilcoxon	16532,500	16918,000
Z	-5,135	-4,102
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000

a. Variable de agrupación: situación

● **Alumnos tratados (final de curso-principio de curso; pre-post)**

Rangos

situacion		N	Rango promedio	Suma de rangos
juegos	2	46	62,64	2881,50
	3	46	30,36	1396,50
	Total	92		
experiencias	2	46	57,33	2637,00
	3	46	35,67	1641,00
	Total	92		

Estadísticos de contraste^a

	juegos	experiencias
U de Mann-Whitney	315,500	560,000
W de Wilcoxon	1396,500	1641,000
Z	-5,869	-3,946
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000

a. Variable de agrupación: situacion

• **Alumnos tratados (principio de curso) comparados con grupo de control**

Rangos

situacion		N	Rango promedio	Suma de rangos
juegos	0	170	108,93	18518,50
	3	46	106,90	4917,50
	Total	216		
experiencias	0	170	108,87	18508,00
	3	46	107,13	4928,00
	Total	216		

Estadísticos de contraste^a

	juegos	experiencias
U de Mann-Whitney	3836,500	3847,000
W de Wilcoxon	4917,500	4928,000
Z	-,197	-,169
Sig. asintót. (bilateral)	,844	,866

a. Variable de agrupación: situacion

• **Alumnos de bachillerato comparados con grupo de control**

Rangos

situacion		N	Rango promedio	Suma de rangos
juegos	0	170	95,89	16301,00
	4	30	126,63	3799,00
	Total	200		
experiencias	0	170	97,14	16514,00
	4	30	119,53	3586,00
	Total	200		

Estadísticos de contraste^a

	juegos	experiencias
U de Mann-Whitney	1766,000	1979,000
W de Wilcoxon	16301,000	16514,000
Z	-2,703	-1,975
Sig. asintót. (bilateral)	,007	,048

a. Variable de agrupación: situacion

• **Profesores que asistieron a un curso de formación comparados con alumnos del grupo de control**

Rangos

situación		N	Rango promedio	Suma de rangos
juegos	0	170	94,95	16141,00
	1	32	136,31	4362,00
	Total	202		
experiencias	0	170	94,60	16082,00
	1	32	138,16	4421,00
	Total	202		

Estadísticos de contraste^a

	juegos	experiencias
U de Mann-Whitney	1606,000	1547,000
W de Wilcoxon	16141,000	16082,000
Z	-3,709	-3,915
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000

a. Variable de agrupación: situación

• Profesores que asistieron a un curso de formación comparados con profesores en formación

Rangos

condición		N	Rango promedio	Suma de rangos
juegos	0	23	19,65	452,00
	1	32	34,00	1088,00
	Total	55		
experiencias	0	23	27,15	624,50
	1	32	28,61	915,50
	Total	55		

Estadísticos de contraste^a

	juegos	experiencias
U de Mann-Whitney	176,000	348,500
W de Wilcoxon	452,000	624,500
Z	-3,349	-,350
Sig. asintót. (bilateral)	,001	,727

a. Variable de agrupación: condicion

ANEXO 7

EJEMPLOS DE ACTIVIDADES DE CIENCIA RECREATIVA REALIZADAS

Astroblaster

Descripción: El *Astroblaster* es un juguete que consiste en varias pelotas de caucho, de tamaños decrecientes, con un orificio que las atraviesa axialmente, y por el cual se ensartan a través de una fina varilla, que está unida a la pelota de mayor tamaño. Cuando se disponen las pelotas como se ilustra en la figura adjunta y se dejan caer libremente, se observa que al llegar al suelo, la pelota de menor tamaño rebota hasta una gran altura. Este efecto sorprendente se puede conseguir también reproduciendo



el montaje de manera *casera*, utilizando varias pelotas de diferentes tamaños y dispuestas en orden decreciente desde abajo hacia arriba (baloncesto, fútbol sala, tenis, golf, o similares). Ya que estas pelotas no disponen de un eje central hueco para ensartarlas, hay que dejarlas caer todas juntas y con sus ejes bien alineados, lo cual

requiere de cierta práctica. Esta experiencia se debe realizar en lugares con techos elevados o espacios abiertos y procurando que la pelota que sale disparada no golpee a ninguna persona.

Actividades:

Sujeta el *Astroblaster* y déjalo caer como aparece en la figura.

- ☞ 1.- ¿Explica lo que sucede?
- ☞ 2.- ¿Deja caer, por separado, las pelotas que lo componen (siempre soltándolas a la misma altura del suelo) y compara las alturas que alcanzan tras el rebote.
- ☞ 3.- ¿Cómo puedes explicar la diferencia de alturas alcanzadas?
- ☞ 4.- ¿En qué principio/s físico/s está basado el efecto que observas?
- ☞ 5.- ¿Qué aplicaciones de estos principios conoces?
- ☞ 6.- Pesa las pelotas mayores con ayuda de una balanza. Calcula la altura teórica que alcanzará la pelota de menor tamaño de las dos al soltarlas desde una distancia de 1 metro por encima del suelo. Compara los resultados con la experiencia. Explica las posibles diferencias

Profesor

Tema: Dinámica.
Energía.

Palabras clave: Cantidad de movimiento, energía cinética (conservación). Choques.

Objetivo: Comprobar el principio de conservación de la cantidad de movimiento y de la energía en un choque elástico múltiple.

Explicación: Cualquier colisión de dos cuerpos debe satisfacer la ley de conservación del momento lineal. Además, en un choque elástico se debe cumplir la ley de conservación de la energía cinética. Al dejar

caer el *Astroblaster* al suelo de una manera adecuada (completamente vertical) se consigue que el choque entre las pelotas tenga lugar en una sola dimensión (la vertical). Se puede observar que la velocidad de la esfera más pequeña tras el rebote con el suelo se incrementa de manera espectacular.

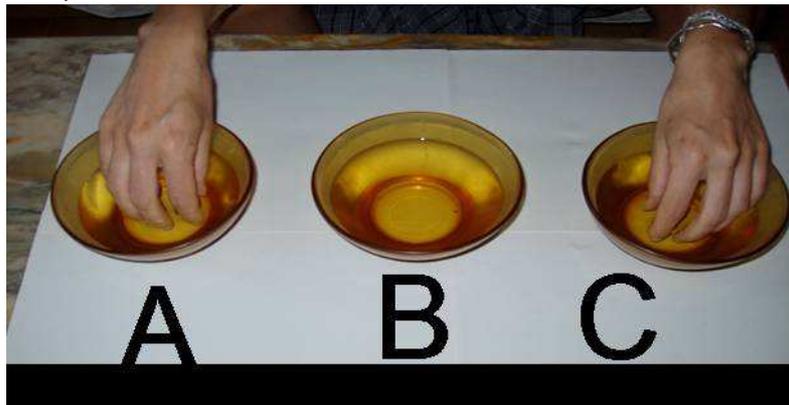
Nivel de aplicación: 4º ESO, 1º Bachillerato.

Para saber más:

[WALKER 1988, MANCUSO y LONG 1995]

Caliente, frío o templado

Descripción: Sencilla experiencia con tres recipientes, uno con agua fría, otro con agua caliente, y en el recipiente del centro colocaremos agua templada. La percepción de la diferencia de temperaturas del agua hace que no resulten coherentes las definiciones convencionales de frío y caliente.



Actividades:

- ☞ 1.- ¿Cuándo decimos que el agua de un recipiente está fría o caliente?

Colocaos en grupos y nombrad los recipientes A, B y C como se muestra en la figura. Uno de vosotros debe de introducir una mano en uno de los recipientes exteriores (p.e. A, frío) durante unos segundos. Seguidamente ha de sacar la mano y ponerla en el del medio (B, templado);

- ☞ 2.- ¿Cómo dirías que está el agua en este último recipiente?

Otro de vosotros ha de introducir la mano en el otro recipiente exterior (C, caliente) durante unos segundos. Luego ha de sacar la mano y ponerla en el del medio (B, templado);

- ☞ 3.- ¿Cómo dirías que está el agua en este último recipiente?

Introducid una mano en el recipiente frío y otra en el caliente. Sacad ambas manos y ponedlas en el recipiente templado.

- ☞ 4.- ¿Cómo está el agua de este recipiente?

- ☞ 5.- ¿Cómo explicamos la diferente sensación que sentimos con cada mano?

- ☞ 6.- ¿Cómo defines ahora algo frío o caliente teniendo en cuenta el concepto de temperatura?

Profesor

Temas:
Energía, calor.

Palabras clave: Calor, temperatura, energía térmica.

Objetivo: Distinguir entre calor y temperatura.

Explicación: La sensación térmica de los objetos a diferente temperatura, así como el uso común del lenguaje, suelen inducir a

errores en los conceptos de calor y temperatura. Al enfrentar al alumnado a objetos a diferentes temperaturas nos dirán que están fríos o calientes en lugar de referirse a su temperatura o expresarse en forma comparativa. El calor debe de explicarse en términos de intercambios energéticos entre cuerpos a diferente temperatura. El calor no es lo que produce sensación térmica: es el flujo de calor.

Lo paradójico de las respuestas obtenidas sirve de apoyo motivador y dota a la sencilla experiencia de un valor añadido.

Nivel de aplicación: 2º, 4º ESO

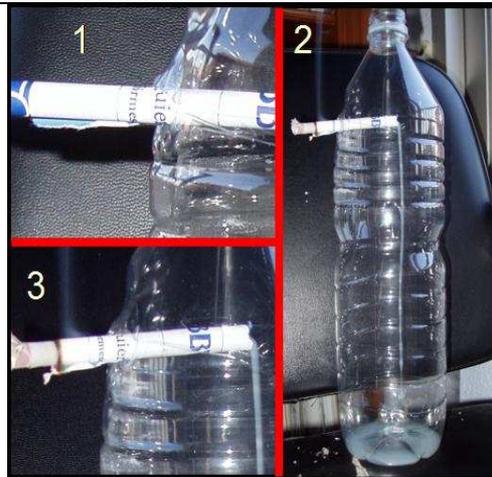
Para saber más: http://recursos.cnice.mec.es/biologia/bachillerato/primer/biologia/ud04/01_04_04_03.html

http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/thermal/detect_sp_06sep01.html

La cascada de humo

Descripción:

El concepto de densidad se combina con el de la transmisión de calor por corrientes de convección, ofreciéndose en esta experiencia un efecto sorprendente y de cierta belleza plástica. Se observa que el humo generado en la combustión de un papel



enrollado insertado en una botella como se muestra en la figura, *cae* en el interior de la misma, mientras que *asciende* por su exterior.

Actividades:

- ☞ 1.- Intenta definir el concepto de densidad y pon algunos ejemplos de objetos con una elevada densidad y otros de objetos con muy baja densidad.
- ☞ 2.- ¿Qué ocurre si se ponen en contacto, con ciertas precauciones, dos fluidos de densidades diferentes, como el aceite y el agua? ¿Cuál de los dos fluidos queda arriba?
- ☞ 3.- El aire es un fluido con una cierta densidad y el humo producido en la combustión de un papel está formado por partículas muy pequeñas. Teniendo en cuenta la pregunta anterior: ¿cuál crees que tendrá mayor densidad, el aire o el humo?

En una botella de plástico transparente, abierta, realiza en la parte superior un orificio de unos 5-10 mm de diámetro.

Haz un pequeño cilindro de papel con un recorte rectangular de unos 10 cm x 6 cm e introdúcelo por el orificio de la botella, de manera que entre lo más ajustado posible (Fig. 1).

Enciende la punta exterior del cilindro de papel y tras un par de segundos sopla suavemente para extinguir la llama.

- ☞ 4.- ¿Qué se observa en los extremos del cilindro de papel?
- ☞ 5.- ¿Qué condiciones ambientales sustancialmente distintas hay entre un extremo y el otro?
- ☞ 6.- Contesta de nuevo a la pregunta 3 y explica por qué en el extremo incandescente (exterior) el humo tiende a ascender y en el extremo opuesto (interior) tiende a descender (Figs. 2 y 3)

Profesor	
Temas: Propiedades de la materia (densidad); calor (corrientes de convección)	Palabras clave: Gases, densidad, corrientes convección, coloide, botella, humo
Objetivo: Curiosa experiencia para visualizar el efecto de las corrientes térmicas de convección. El concepto de densidad se aborda con un planteamiento generador de conflictos conceptuales.	
<p>Explicación: La producción de <i>humo</i> en la combustión de un papel suele generar una idea errónea acerca de las propiedades de dicho humo. En realidad, los gases generados en la combustión responden mucho más a una naturaleza coloidal que puramente gaseosa. Sería por tanto de esperar que dicha mezcla tuviera una densidad mayor que el aire y, por tanto, se precipitara espontáneamente hacia el suelo. No obstante, la fuente de calor que se encuentra en el mismo punto de combustión, provoca una corriente de ascenso (convección) que eleva los gases generados. Mediante la combustión del cilindro de papel (ver Figs 1, 2 y 3) podemos observar la caída del humo, por el lado opuesto al de ignición, debido a la ausencia de temperaturas elevadas en ese punto.</p> <p>Para la realización de la experiencia se puede apagar el cilindro tras unos segundos o mantenerlo encendido durante toda la experiencia.</p> <p>Conviene experimentar previamente con distintos tipos de papel para seleccionar el de efecto más vistoso.</p> <p>En principio no es necesario tapar la botella, pero si lo hacemos y la cantidad de humo generada es suficiente, al finalizar la experiencia podemos abrir la botella y expeler pequeños anillos de humo al presionar suavemente la misma. Además, si la botella permanece cerrada y colocamos unas pocas gotas de agua en su interior, podemos observar la disolución de parte de los gases con la consecuente</p>	

coloración del agua.

Nivel de aplicación: 1º y 2º ESO. Concepto de densidad. 3º de ESO. Propiedades de la materia, densidad, dispersiones coloidales. 4º ESO. Corrientes de convección.

Para saber más:

<http://es.youtube.com/watch?v=VwPKjuPS9d8>

http://www.youtube.com/watch?v=WCuVbNUQTmY&feature=player_embedded

El agua que no cae

Descripción: Al darle la vuelta a un vaso (casi) lleno de agua y que se ha tapado con un naipe o una hoja de papel (lo más satinado posible), tal como se ve en la figura, observamos que el agua *no cae*. Lo mismo sucede



con cualquier recipiente lleno de agua, siempre y cuando la boca del vaso quede *sellada*, aunque no se haga ningún esfuerzo para mantenerla tapada (como en una botella con una pelota de ping pong, etc.).

Actividades:

Observa cómo el profesor llena el vaso (o la botella), lo tapa con el naipe/hoja (o la pelota) y le da la vuelta suavemente.

- ☞ 1.- ¿Por qué crees que no cae el agua?
- ☞ 2.- ¿Es importante que el naipe (hoja, pelota...) cubra totalmente la boca del vaso (botella)? ¿Por qué?
- ☞ 3.- ¿Es importante que el vaso esté completamente lleno? ¿Por qué?
- ☞ 4.- Comprueba lo que sucede cuando el vaso no se llena del todo. Ten la precaución de que el naipe *selle* la boca del vaso
- ☞ 5.- Comprueba que no hace falta demasiado esfuerzo para provocar la caída del agua. Observa también que al retirar el naipe lentamente, entran burbujas hacia el interior del vaso. ¿Puedes explicar estos hechos
- ☞ 5.- ¿Es consistente lo que sucede con tu respuesta a la pregunta 3? Intenta explicar por qué.

Profesor

Tema: Presión atmosférica.

Palabras clave: Presión atmosférica, tensión superficial.

Objetivo: Comprobar los efectos de la presión atmosférica y su magnitud, así como la importancia de la tensión superficial.

Explicación: Por lo general, este fenómeno se explica de la siguiente manera: la hoja de papel experimenta la presión de la atmósfera por abajo, en tanto que desde arriba sólo la actúa la columna de agua, que ejerce una presión mucho menor. El exceso de presión inferior aprieta el papel a los bordes del recipiente. Sin embargo, esta explicación es errónea, puesto que no se puede considerar que el vaso sólo contiene

agua y no contiene aire. Al cubrir la superficie de agua con una hoja de papel, siempre queda una delgada capa de aire entre ellas.

Vamos a examinar lo que ocurre en el vaso al invertirlo. La hoja de papel se curva un poco bajo el peso del líquido y, si en vez de papel se utiliza una lámina más rígida, ésta se alejará un poco del borde del vaso.

En consecuencia, aumenta (ligeramente) el volumen disponible entre la superficie del agua y el fondo del vaso invertido; como este espacio es mayor que el inicial, disminuirá la presión del aire que había inicialmente.

Así pues, la hoja de papel sufre la acción de la presión exterior p_{ext} (que es la atmosférica) y la presión interior p_{int} (debida a la columna de agua y al aire enrarecido). Aunque ambas presiones son bastante similares, domina la exterior sobre la interior. Además, hay que tener en cuenta que el efecto de la tensión superficial del agua que queda entre el papel y el borde del vaso, lo cual contribuye a mantener el papel sin que se caiga. Pero basta aplicar una pequeña perturbación para que se desprenda el papel del borde del vaso y se derrame el agua.

La deformación de la hoja de papel bajo el peso del agua es muy poca, pero suficiente para que disminuya la presión del aire en el interior del vaso.

En los libros, donde se describe este experimento, se exige a veces que el vaso esté lleno hasta los bordes, pues de otra manera será imposible obtener el efecto deseado, ya que habrá aire a ambos lados de la hoja, por lo cual la presión interna y externa del aire se equilibrará y la hoja se desprenderá bajo la acción del peso del agua. Después de realizar este experimento nos damos cuenta de que ésta es una advertencia gratuita: la hoja sigue adherida como si el vaso estuviera completamente lleno. Al apartarla un poco veremos burbujas que

entran por la abertura.

Para terminar de describir este experimento, que no es tan sencillo como parecía a primera vista, advertimos que la hoja de papel podrá seguir pegada al vaso a pesar de que encima de ella no haya líquido: para ello hace falta que el cristal esté mojado y la hoja no pese demasiado. En semejante caso seguirá adherida debido a la fuerza de tensión superficial de la fina película de agua.

Nivel de aplicación: 4º ESO Presión atmosférica. Tensión superficial

Para saber más:

[ESTALELLA 1918, TISSANDIER 1891]

El embudo ajustado

Descripción: Para el transvase de líquidos entre dos recipientes se suele usar un embudo, pero en determinadas ocasiones puede observarse que algo falla. Si ajustamos un embudo a la boca de una botella (como se muestra en la figura), sellándolo con un poco de plastilina o film de plástico, de manera que no quede



espacio entre el embudo y el recipiente, puede que en algún momento deje de caer agua a la botella.

Actividades:

Dispón una botella y un embudo como se ha descrito en el punto anterior.

☞ 1.- *¿Habrá algún problema para hacer pasar agua por el embudo?*

Vierte un poco de agua en el embudo y observa lo que sucede al cabo de unos instantes..

☞ 2.- *¿Por qué no cae el agua por el embudo?*

☞ 3.- *Algunas gotas caen al principio ¿qué propiedad de los gases permite que caigan esas gotas?*

Profesor

Tema: Gases

Palabras clave: Gases, compresibilidad, presión, embudo

Objetivo: Ejemplificar con una experiencia sorprendente la existencia de los gases, que estos ocupan un volumen y que tienen una compresibilidad limitada.

Explicación: En ocasiones, los alumnos no reconocen la existencia de los gases y que estos ocupan un espacio. La experiencia pone de manifiesto este hecho y permite observar cómo la presión *extra* debida al agua del embudo no puede vencer la que ejerce el aire del interior del recipiente receptor, la cual aumenta cuando entra líquido sin que salga aire. Tan pronto como haya caído una pequeña cantidad de agua y se reduzca el volumen disponible para el aire que ocupa el interior del embudo (ya que este aire no tiene por donde salir si el embudo está *lleno* de agua), la *sobrepresión* generada será suficiente para interrumpir la caída de más agua. Para que siga cayendo agua dentro de la botella tiene que escaparse aire a través del embudo, en

forma de burbujas que ascienden o por el hueco que forma el remolino de agua que suele forzarse para que ésta caiga más rápidamente.

Nivel de aplicación: 2º ESO. Propiedades de la materia. Presión.

Para saber más: [ESCOTET 1999]

El globo en la botella

Descripción: Si intentamos hinchar un globo colocado en una botella de refresco vacía (preferentemente de 1,5 o 2 L), como se muestra en la figura, podemos comprobar nuestra *potencia pulmonar*. Cada persona que quiera realizar la experiencia debe de utilizar



un globo distinto, por higiene. El profesor dará botellas *mágicas* en las que el globo que no se comporta como cabría esperar.

Actividades:

Coloca tu globo como se ha descrito

☞ 1.- ¿Qué ocurrirá cuando soples para hinchar el globo?

Ahora, intenta hinchar el globo.

2.- ¿Qué sucede?

Saca el globo de la botella y vuelve a intentar hinchar el globo.

☞ 3.- ¿Qué ocurre ahora?

<p>Explica por qué no puedes hinchar el globo cuando está dentro de la botella y sí puedes cuando está fuera.</p> <p>Vuelve a colocar el globo en una de las botellas <i>mágicas</i>.</p> <p>☞ 4.- ¿Qué ocurrirá cuando intentes hinchar el globo?</p> <p>Hincha el globo.</p> <p>☞ 5.- ¿Qué ocurre ahora? ¿Por qué crees que ahora sí se hincha el globo?</p> <p>Examina el fondo de la botella para ver cuál es el <i>truco</i>.</p>	
<p>Profesor</p>	
<p>Temas: Gases, presión, propiedades de la materia.</p>	<p>Palabras clave: Gases, presión, aire, compresibilidad, globo, botella.</p>
<p>Objetivo: Demostración, mediante una experiencia <i>paradójica</i>, de la existencia del aire en el interior de una botella que estaría vacía, según las ideas previas erróneas muy extendidas entre el alumnado.</p>	
<p>Explicación: Cuando el alumno intenta hinchar el globo dentro de la botella comprueba que no está vacía, sino llena de aire y, por tanto, no puede ejercer suficiente presión con sus pulmones como para vencer la presión interior y que el globo se hinche. Las botellas <i>mágicas</i> simplemente tienen un agujero en la base (de unos 5 mm de diámetro, realizado con la punta de un soldador o con un clavo grueso) que permite la salida del aire. La experiencia se puede plantear como un reto, por grupos, con la precaución higiénica de repartir un globo a cada uno de los miembros del grupo que quiera probar su <i>potencia pulmonar</i>. Cuando el globo está hinchado en la botella agujereada, podemos mantenerlo hinchado simplemente tapando el agujero inferior con el dedo. Si ahora llenamos de agua el globo y soltamos el dedo conseguiremos un <i>pequeño surtidor</i>.</p>	

Nivel de aplicación: 2º y 3º de ESO. Propiedades de la materia. Gases. Presión.

Para saber más:

[SARQUIS et al. 1997]

El huevo en la botella

Descripción: En esta experiencia se introduce un huevo cocido (y pelado) dentro de una botella cuya boca tiene un diámetro inferior al del huevo. Para ello, basta con meter en la botella un pequeño trozo de papel encendido (o una cerilla, etc.) y, acto seguido, tapar la botella con el huevo cocido. El



huevo entra de inmediato. Además de la espectacularidad de ver cómo la botella succiona al huevo, esta experiencia tiene el reto añadido de sacar el huevo, sin romperlo, después de introducirlo.

Actividades:

Observa cómo el profesor introduce el huevo en la botella según lo descrito anteriormente.

- ☞ 1.- ¿Intenta explicar por qué ocurre este fenómeno?
- ☞ 2.- ¿Crees que tiene influencia el oxígeno consumido durante la combustión del papel? ¿Por qué?

- ☞ 3.- (En función de las repuestas) Al consumirse el oxígeno, se produce CO_2 , manteniéndose el volumen total (con muy pequeñas variaciones). ¿Cómo afecta este hecho a tus explicaciones? Si, entonces, no es ésta la justificación del fenómeno observado, ¿cuál puede ser?
- ☞ 4.- (Si se ha realizado anteriormente la experiencia de ¿Por qué sube el agua? con la vela, se puede referir a este hecho para obtener explicaciones similares).
- ☞ 5. - ¿Cómo se puede conseguir sacar el huevo sin romperlo?

Profesor

Tema: Propiedades de los gases. Presión atmosférica

Palabras clave: Gases, dilatación, presión, huevo, botella, combustión.

Objetivo: Observar la dilatación y contracción de los gases y su repercusión en la presión dentro de un recipiente cerrado (es decir, a volumen constante). Comprobar el efecto de la presión atmosférica.

Explicación: Al introducir un papel encendido en la botella, se produce una dilatación del aire de su interior y parte de él sale fuera de la botella. Al tapar la botella con el huevo se extingue la llama, lo cual provoca un descenso de la presión en el interior de la misma al enfriarse y, por tanto, se contrae el aire encerrado. La presión atmosférica *empuja* el huevo hacia el interior (donde la presión es menor).

El reto de sacar el huevo sin romperlo permite valorar si los alumnos han entendido la física inherente a esta experiencia. Se pueden dar muchas opciones, que suelen pasar por *sobrepresionar* de nuevo el interior calentándolo, o bien empleando algún utensilio. Si

previamente se ha realizado una experiencia consistente en intentar soplar sobre una pequeña bolita de papel alojada en la boca de una botella vacía, colocada en posición horizontal, en la que se observa que la bolita de papel sale despedida hacia fuera en lugar de entrar, se puede inducir a pensar que al soplar, e intentar introducir aire en el interior, provocaremos que el aire que ya existe dentro tienda a salir. Con cierta pericia es posible sacar el huevo de esta manera.

Nivel de aplicación: 4º ESO. Propiedades de los gases. Presión atmosférica.

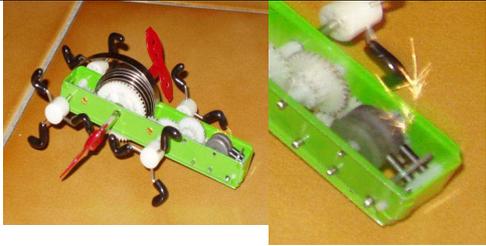
Para saber más:

[ADCOCK 1998], <http://www.iestiemposmodernos.com>

[/diverciencia/la_fs/fichas_fs/fshuevobotella.htm](http://www.iestiemposmodernos.com/diverciencia/la_fs/fichas_fs/fshuevobotella.htm)

Juguetes de cuerda

Descripción: Juguete de cuerda al estilo tradicional, con un diseño algo novedoso. Al girar la llave, damos cuerda al juguete. Según el tipo de juguete, una serie de mecanismos (engranajes, muelles en espiral...) transforman el movimiento en el efecto final sea cual sea su naturaleza. En el caso particular de la figura se produce una rotación de un eje que finalmente acciona los *pies* a modo de ruedas haciendo avanzar el móvil, pero en cada juguete se deberá analizar cual es la transformación del movimiento.

<p>Además, el juguete ilustrado acciona una piedra de mechero (aleación de cerio) que hace <i>saltar</i> chispas.</p>	
<p>Actividades:</p> <p>Dale vueltas a la llave, hasta que se enrolle al máximo el resorte en espiral del juguete. Deja el juguete en el suelo y observa su movimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> ☞ 1.- ¿Qué tipo de energía tiene el juguete una vez se le ha “dado cuerda”? ☞ 2.- ¿Qué transformaciones energéticas tienen lugar? ☞ 3.- ¿Por qué se detiene completamente el juguete? 	
<p>Profesor</p>	
<p>Temas: Energía, Cinemática</p>	<p>Palabras clave: Energía, mecánica, cinética, potencial, conservación, aceleración, velocidad, desplazamiento, rozamiento.</p>
<p>Objetivo: Clarificación de los contenidos conceptuales asociados al tema de energía: cinética, potencial elástica, conservación y degradación de energía, rozamiento, etc. También puede utilizarse este juguete en la explicación del movimiento acelerado y la transformación de la energía química en energía luminosa y calorífica, en el caso concreto de los móviles con piedras de cerio.</p>	
<p>Explicación: En el mercado abundan los juguetes de cuerda, aunque conviene seleccionar juguetes en los que se aprecie fácilmente el elemento que acumula la energía potencial, que por lo general suele consistir en un fleje o resorte unido a un eje. Dicho eje suele tener una cadena de engranajes que transmite el</p>	

movimiento a las ruedas o a cualquier otro elemento móvil del juguete. La energía potencial elástica acumulada en el fleje se transforma en energía cinética, dotando de movimiento a las partes móviles del juguete.

Si se está trabajando el tema del movimiento, no se incide en los aspectos energéticos, sirviendo la experiencia como un mero apoyo motivador (partimos de la base de que cualquier juguete es un elemento motivador) para la explicación del movimiento acelerado.

Nivel de aplicación: En función de la profundidad, aconsejable para 2º, 3º y 4º ESO

Para saber más:

[LOZANO et al 2007)

La moneda danzarina

Descripción: Para observar el fenómeno de la moneda que *danza* colocamos una moneda de 1, 2 o 5 céntimos de euro en la boca de una botella de vidrio vacía. Se debe tener la precaución de humedecer ligeramente la moneda y de que ésta cubra



completamente la boca de la botella sin que sobre demasiada superficie de moneda. La experiencia funciona mejor cuanto más pequeña sea la moneda.

Actividades:

- ☞ 1.- ¿Qué hay en la botella antes de cubrirla con la moneda?

Caliéntate las manos ligeramente (frotando una contra otra o acercándolas a una fuente de calor)

Coloca la moneda en la boca de la botella, tal como se ha descrito, y rodea la botella con ambas manos. Espera unos segundos y observa lo que ocurre.

- ☞ 2.- ¿Es necesario calentarse las manos para que se mueva la moneda?
- ☞ 3.- ¿Qué propiedad de los gases se pone de manifiesto con esta experiencia?
- ☞ 4.- ¿Por qué se repite el *saltillo de la moneda* durante bastante tiempo?
- ☞ 5.- ¿Qué otros factores, aparte del calor de las manos, pueden influir en la *danza* de la moneda?
- ☞ 6.- ¿Por qué se recomienda humedecer la moneda?

Profesor

Temas: Gases
(dilatación)

Palabras clave: Gases, dilatación,
presión, botella, moneda

Objetivo: Visualización con una curiosa experiencia de la dilatación de los gases al incrementar la temperatura.

Explicación: El calentamiento del aire del interior de la botella produce una dilatación de éste y un incremento de la presión interior suficiente como para provocar el desplazamiento de una pequeña moneda (la experiencia no funciona con monedas pesadas). Al desplazarse la moneda, no sólo se produce un escape de aire caliente del interior sino que también se produce una entrada de aire frío (convección) que restablece la situación inicial del sistema, permitiendo que se repita el fenómeno durante bastante tiempo. El peso de la moneda, la temperatura de las manos y el grosor del vidrio de la botella utilizada son los tres parámetros básicos que influyen en la frecuencia de los *saltitos* (con vidrios muy gruesos la experiencia puede no resultar satisfactoria).

Conviene humedecer la moneda para que se garantice el *sellado* de la boca de la botella impidiendo el escape del aire hasta que la moneda se desplace.

Nivel de aplicación: 2º y 3º de ESO. Propiedades de la materia.

Para saber más: [LIEM 1987]

La moneda en el naipe

Descripción: Al colocar una moneda sobre un naipe que está colocado sobre la boca de un vaso, como se muestra en la figura, observamos que, al retirar el naipe horizontalmente y lentamente, la moneda permanece sobre él. Pero si golpeamos el canto

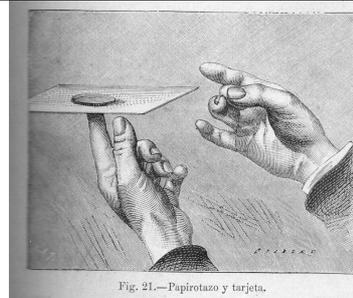
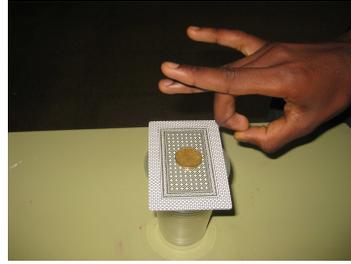


Fig. 21.—Papirotao y tarjeta.

del naipe de manera que salga despedido rápidamente, la moneda cae en su interior. Con cierta habilidad y práctica, se puede conseguir un efecto más sorprendente y vistoso al hacer que la moneda se quede apoyada sobre



la yema de un dedo tras retirar el naipe con un golpe seco, tal y como se muestra en la figura, reproducida del libro de Tissandier (1887).

Actividades:

- ☞ 1.- Coloca un naipe sobre la boca de un vaso, con una moneda sobre él, como se muestra en la figura.
- ☞ 2.- Retira el naipe del vaso horizontalmente y lentamente. ¿Qué le sucede a la moneda?
- ☞ 3.- Ahora, golpea horizontalmente el naipe, brusca y rápidamente (como se muestra en la figura). ¿Qué le sucede a la moneda?
- ☞ 4.- Intenta explicar el distinto comportamiento de la moneda en ambas situaciones.
- ☞ 5.- (En función de las respuestas a la cuestión 4) Teniendo en cuenta que el factor clave es el rozamiento, ¿cómo explicamos que la moneda caiga en el vaso? ¿Qué leyes o principios de la mecánica son más útiles para explicar el efecto?
- ☞ 6.- ¿Se te ocurre algún otro *juego* similar? ¿Has visto algo parecido en otro contexto?

Profesor	
Temas: Mecánica. Rozamiento.	Palabras clave: Rozamiento, inercia, naipe, moneda.
Objetivo: Visualización con una curiosa experiencia que pone de manifiesto el efecto del rozamiento y del tiempo durante el que se aplica una fuerza.	
<p>Explicación: La aplicación de una fuerza elevada sobre la pequeña masa del naipe le proporciona una gran aceleración y, debido a la corta duración de la fuerza, el rozamiento de éste con la moneda actúa muy brevemente. Por tanto, la aceleración que adquiere la moneda es tan pequeña y dura tan poco tiempo que su desplazamiento es despreciable, por lo que tiende a permanecer en su posición. Por ello cae al interior del vaso cuando ya no está el naipe que la sustentaba.</p> <p>En espectáculos circenses o de magia se suele realizar una demostración similar, donde aparecen platos, vasos, cubiertos, etc. sobre un mantel colocado en una mesa, quedando todo el menaje intacto al retirar el mantel de un súbito estirón.</p>	
Nivel de aplicación: 3º - 4º ESO. Mecánica. Rozamiento.	
<p>Para saber más:</p> <p>[ESTALELLA 1918, TISSANDIER 1887]</p>	

Péndulo masivo contra la nariz

Descripción: La experiencia consiste en retar al alumnado a exponerse a un posible impacto de una esfera pesada (bola de bolos, de petanca...) que, suspendida desde el techo o algún lugar suficientemente elevado y a modo de péndulo, se suelta libremente



desde la nariz de un alumno. La sensación de ver cómo se aproxima el objeto (con la precaución de apoyar la espalda y la cabeza a la pared para evitar impactos indeseados) produce reacciones interesantes. Hay que extremar las precauciones, dada la potencial peligrosidad de esta actividad.

Actividades:

- ☞ 1.- ¿Qué crees que sucederá cuando se suelte la bola colocada como se ha descrito?
- ☞ 2.- ¿Llegará la bola hasta la nariz de nuevo?

Colócate con la bola como se muestra en la foto (con la cabeza pegada a la pared) y suéltala (sin darle ningún empujón adicional).
- ☞ 3.- ¿Qué transformaciones energéticas se producen durante el movimiento de la bola?
- ☞ 4.- Si la energía se conserva, ¿por qué la bola no alcanza de nuevo la posición inicial?
- ☞ 5.- ¿Por qué se produce una pérdida de energía potencial durante el movimiento de la bola, llegando a detenerse completamente tras varias oscilaciones?

☞ 6.- ¿En qué se ha transformado la energía mecánica al final del movimiento?	
Profesor	
Tema: Energía.	Palabras clave: Energía mecánica, cinética, potencial, conservación.
<p>Objetivo: El objetivo de esta experiencia es motivar al alumnado para el aprendizaje del principio de conservación de la energía mecánica. La experiencia puede servir como introducción al concepto, como introducción a todo el bloque de contenidos relacionado con la energía y, obviamente, como clarificación de los contenidos conceptuales asociados: energía cinética, potencial, transformación y degradación energética, rozamiento, etc.</p>	
<p>Explicación: El movimiento de un péndulo es un fenómeno bien conocido y ampliamente utilizado en contextos educativos para explicar las transformaciones de energía cinética en potencial y viceversa. El principio de conservación de la energía mecánica es la clave de este movimiento; la bola llegaría a la cara-nariz del voluntario con velocidad nula (en el caso hipotético de que no haya fricción) y no llega nunca (en el caso real en que hay fricción), aprovechándose este hecho para explicar la degradación de la energía mecánica en energía térmica.</p>	
<p>Nivel de aplicación: Multinivel, en función de la profundidad. Aconsejable para 2º, 3º y 4º ESO</p>	
<p>Para saber más:</p> <p>[HEWITT 1995, LOZANO et al. 2007]</p>	

Radiómetro

Descripción: Un radiómetro consiste en un bulbo de vidrio con forma de bombilla en el que se ha hecho un vacío parcial y con un pie o soporte. En su interior, cuatro aspas pueden girar libremente sobre un soporte vertical apoyado en una aguja, para minimizar el rozamiento. Las aspas están pintadas de negro por una de las caras y de blanco o de metal pulido por la opuesta.



Actividades:

- ☞ 1.- ¿Qué crees que sucederá cuando se ilumine el radiómetro?
Expón el radiómetro a una fuente luminosa y observa su movimiento. La mera iluminación del radiómetro provoca el movimiento de sus aspas. El movimiento es muy significativo si el radiómetro se expone a la luz solar, y menos aparente cuanto menor es la intensidad de la luz incidente, siendo nulo en luces medias o tenues. Se puede poner en movimiento al disparar un flash fotográfico cercano.
- ☞ 2.- ¿Sucedería lo mismo si las dos caras de las aspas estuvieran pintadas del mismo color?
- ☞ 3.- ¿Qué transformaciones energéticas se producen durante el movimiento?
- ☞ 4.- ¿Por qué el radiómetro no se pone en movimiento con luces tenues?
- ☞ 5.- Intenta explicar el movimiento teniendo en cuenta la teoría cinética de los gases.

Profesor	
Temas: Energía, teoría cinética de los gases.	Palabras clave: Energía cinética, energía radiante, lumínica, conservación-transformación de la energía, colisiones-choques, gases.
Objetivo: Ejemplificación de la transformación de la energía lumínica (radiante) en energía cinética. Aclaración y comprensión de los conceptos relacionados con las transformaciones energéticas y con la teoría cinética de los gases.	
<p>Explicación: Las superficies pintadas de negro, al absorber mayor cantidad de energía que las superficies blancas, provocan un incremento de la temperatura del gas que las rodean, por lo que aumenta la velocidad de sus moléculas. Dada la diferencia de velocidad entre las moléculas gaseosas que impactan sobre las caras ennegrecidas y las que impactan sobre las caras blancas, el resultado neto es el giro de las aspas en el sentido en que la cara negra se aleja de la fuente de luz.</p> <p>La explicación anterior es una adaptación simplificada (e incorrecta, aunque contiene argumentos parcialmente válidos) de lo que ocurre en realidad, donde las fuerzas relevantes ejercidas por el gas residual en el radiómetro tienen lugar cerca de los bordes de las aspas. Pero quizá sea el más sencillo para usar con los estudiantes cuando se emplea el radiómetro para discutir la teoría cinética de los gases.</p>	
Nivel de aplicación: Multinivel, en función de la profundidad y del tema trabajado, puede tratarse la transformación energética o la teoría cinética de los gases.	
Para saber más: [EHRlich 1990]	

Remolino (en dos botellas)

Descripción: Conviene la realización previa de la experiencia con el «embudo ajustado», para familiarizarse con los conceptos relacionados.

Al montar dos botellas como las que se muestran en la figura con el tapón de rosca doble perforado (adquirido o casero, realizado con la unión térmica dos tapones, que se perforan posteriormente) se observa la imposibilidad de vaciar la botella llena al invertirla... a menos que se haga algo.



Actividades:

Llena una botella hasta la mitad y tápala con el tapón de doble rosca perforado.

Con la botella estable sobre la mesa, enrosca encima la otra botella (vacía), como se muestra en la figura.

☞ 1.- ¿Qué crees que ocurrirá al invertir las botellas, colocando la llena arriba y la vacía abajo?

Invierte la posición de las botellas y observa lo que sucede.

☞ 2.- ¿Por qué no cae el agua de la botella?

☞ 3.- Al principio caen algunas gotas. ¿Qué propiedad de los gases permite que caigan esas gotas?

☞ 4.- Se te ocurre alguna forma para conseguir que caiga más agua.

- ☞ 5.- Presiona suavemente la botella “aparentemente vacía” y observa lo que sucede.
- ☞ 6.- Has observado que algo de agua ha caído a la botella de abajo. ¿Ha pasado algo desde la botella de abajo a la de arriba? Intenta describir qué está pasando y por qué.
- ☞ 7.- ¿Se te ocurre alguna forma de conseguir que se vacíe completamente la botella? (Quizás el nombre de esta experiencia te ayude).
- ☞ 8.- Imprime un suave movimiento de rotación al conjunto de ambas botellas (alrededor de su eje) hasta que se forme un remolino. Observa lo que sucede e intenta explicarlo.
- ☞ 9.- ¿En qué otras circunstancias has observado un fenómeno similar?

Profesor

Tema: Propiedades de los gases.

Palabras clave: Gases, compresibilidad, presión, botellas, remolino.

Objetivo: Ejemplificar con una experiencia sorprendente la existencia de los gases, los cuales ocupan espacio y tienen una compresibilidad limitada.

Explicación: En ocasiones, los alumnos no reconocen la existencia de los gases y que éstos ocupan un espacio. La experiencia pone de manifiesto este hecho y permite observar cómo la presión ejercida por el agua de la botella superior no es suficiente para vencer la presión del aire de la botella inferior una vez se ha comprimido levemente al caer las primeras gotas.

Para conseguir que el agua caiga, se ha de *liberar* espacio en la botella inferior, extrayendo el aire que hay dentro. Una compresión

leve en la botella inferior permite cierto intercambio (aire por agua) entre ambas botellas. Para vaciar completamente la botella superior se debe permitir el intercambio total, lo cual se consigue al provocar un *remolino* con un suave movimiento de rotación. El aire de la botella inferior pasa por el centro del remolino hacia la botella superior, liberando espacio y permitiendo que entre el agua *arremolinada*. Este efecto se produce en muchas circunstancias de manera espontánea (bañera, etc.).

Nivel de aplicación: 2º ESO. Propiedades de la materia. Presión.

Para saber más: [Crane 1987]

Semiesfera saltarina

Descripción: El juguete consiste en una semiesfera hueca fabricada con un material altamente elástico que puede deformarse de manera que la parte interior (más próxima al centro de curvatura de la esfera) pase a ocupar la parte exterior (más alejada del centro de la esfera); esta deformación es inestable y da lugar a un sorprendente efecto cuando se deposita sobre el suelo la semiesfera, previamente deformada, y se espera unos segundos.



Actividades:

☞ 1.- ¿Qué crees que sucederá cuando se deposite en el suelo la semiesfera deformada?

Deforma la semiesfera invirtiendo su concavidad y deposítala en el suelo como se muestra en la figura (derecha) antes de que vuelva a su forma original

☞ 2.- ¿Qué tipo de energía hace que la semiesfera salga despedida?

☞ 3.- ¿Qué transformaciones energéticas tienen lugar?

☞ 4.- ¿En qué se ha transformado la energía inicial, una vez ha cesado el movimiento?

Profesor

Temas:

Energía

Palabras clave: Energía mecánica, cinética, potencial (gravitatoria y elástica), leyes de conservación.

Objetivo: Clarificación de los contenidos conceptuales asociados al tema de energía: cinética, potencial gravitatoria y elástica, degradación energética, etc.

Explicación: La energía potencial elástica, acumulada en la deformación de la semiesfera, se transforma en cinética cuando recupera su forma original, ya que golpea contra el suelo y sale despedida hacia arriba. Tiene lugar una secuencia de transformaciones energéticas: potencial elástica (máxima al principio) – cinética (máxima en el despegue) – potencial gravitatoria (máxima en la altura máxima alcanzada) – cinética (vuelve a su máximo justo antes de contactar con el suelo tras la caída y alcanzar la degradación final energética) se suceden, sirviendo como ejemplo para la clarificación de conceptos.

Nivel de aplicación: Multinivel, 2º, 3º y 4º ESO

Para saber más: [EHRlich 1990, TAYLOR 1998, LOZANO *et al.* 2007]

