

n.º 15

Serie

El CSIC en la Escuela

Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA
Y COMPETITIVIDAD



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



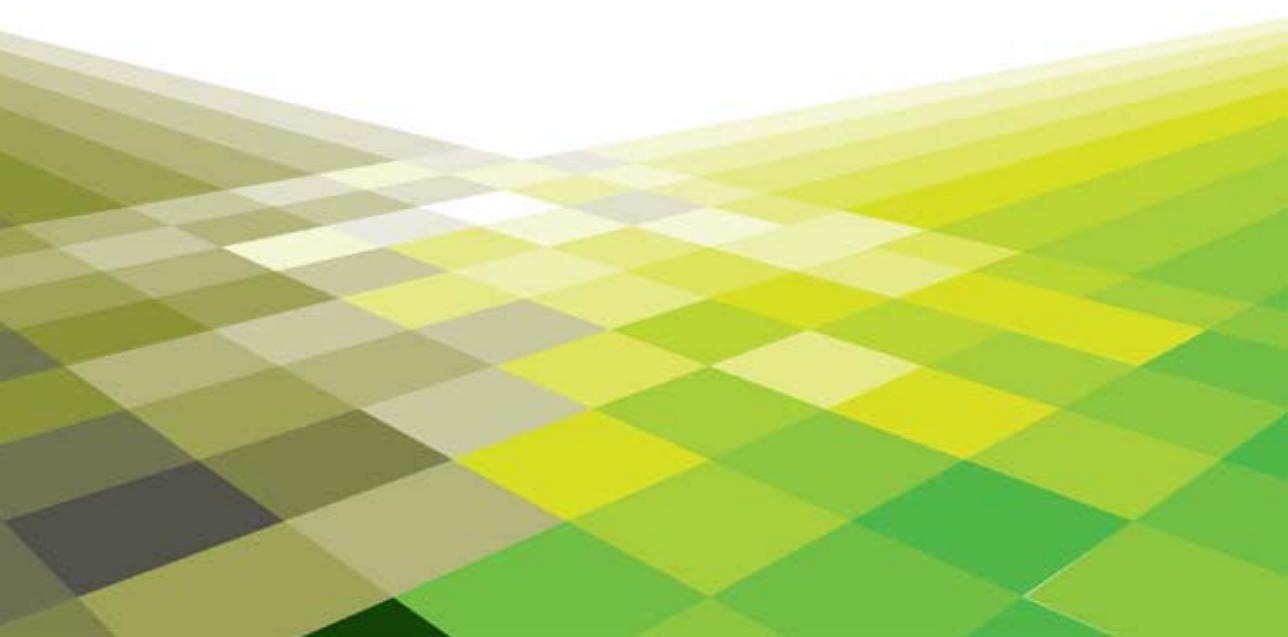
El CSIC en la Escuela
Vicepresidencia Adjunta de Cultura Científica

n.º 15

Serie

El CSIC en la Escuela

Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula



SERIE EL CSIC EN LA ESCUELA, N.º 15

DIRECCIÓN:

Director: José M.ª López Sancho (CSIC)
Vicedirectora: M.ª José Gómez Díaz (CSIC)
Directora adjunta: M.ª del Carmen Refolio Refolio (CSIC)

EDITOR:

Esteban Moreno Gómez (CSIC)

COMITÉ DE REDACCIÓN:

Coordinadora: M.ª José Gómez Díaz (CSIC)
Salomé Cejudo Rodríguez (CSIC)
Alfredo Martínez Sanz (colaborador de El CSIC en la Escuela)
Comité asesor del presente volumen: José Morocho Martín (CFIE Zamora),
Consuelo Palacios Serrano (CEP Castilleja de la Cuesta), Ana María Ruiz Sánchez (CPR Murcia)

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR:

Presidente: Martín Martínez Ripoll (CSIC)
Gerardo Delgado Barrio (CSIC)
Enrique Gutiérrez-Puebla (CSIC)
Jaime Julve Pérez (CSIC)
M.ª Ángeles Monge Bravo (CSIC)
Pilar López Sancho (CSIC)
Almudena Orejas Saco del Valle (CSIC)
María Ruiz del Árbol (CSIC)
Javier Sánchez Palencia (CSIC)
Inés Sastre Prats (CSIC)
Pilar Tigeras Sánchez (CSIC)

n.º 15

Serie

El CSIC en la Escuela

Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
MADRID, 2017

Reservados todos los derechos por la legislación en materia de Propiedad Intelectual. Ni la totalidad ni parte de este libro, incluido el diseño de la cubierta, puede reproducirse, almacenarse o transmitirse en manera alguna por medio ya sea electrónico, químico, óptico, informático, de grabación o de fotocopia, sin permiso previo por escrito de la editorial.

Las noticias, los asertos y las opiniones contenidos en esta obra son de la exclusiva responsabilidad del autor o autores. La editorial, por su parte, solo se hace responsable del interés científico de sus publicaciones.

Catálogo general de publicaciones oficiales:

<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

EDITORIAL CSIC: <http://editorial.csic.es> (correo: publ@csic.es)



© CSIC

e-ISBN (obra completa): 978-84-00-09299-3

e-ISBN: 978-84-00-10184-8

e-NIPO: 059-17-055-3

Diseño y maquetación: Irene Cuesta Mayor

ÍNDICE

Prólogo	5
Evolución en la enseñanza de la ciencia: una introducción para maestros <i>M.º José Gómez Díaz, José María López Sancho, Esteban Moreno Gómez</i>	9
¿Peso 40 kg? <i>Luis Florián Ramos Sánchez</i>	51
Empezando el día con energía <i>Carmen Conde Santos, Diana Crespo Urones</i>	63
Energía potencial. ¡Sube pedaleando y baja descansando! <i>Teresa Amigo Romero, Noemí Mulas Franco</i>	75
Energías renovables: la energía solar <i>Verónica Alonso Velázquez</i>	95
¿Por qué flotó el Titanic? <i>Paqui Romero Muñoz</i>	111
Las fuerzas me acompañan <i>María Etelreda López Nieto</i>	139
La luz y la energía <i>María Etelreda López Nieto</i>	151
Conocemos y experimentamos con el agua <i>Carmen Hernández Cantabella</i>	169
Motor eléctrico: una experiencia en el aula <i>Pepe Lozano, María Acosta Bono, Mercedes Díaz Fuentes, Esteban Moreno Gómez</i>	199

PRÓLOGO

Hace seis años decidimos crear una publicación pensada para los maestros que se interesan por desarrollar experiencias científicas en sus aulas.

Nuestro objetivo era ambicioso, pues pretendíamos que los docentes redactaran sus trabajos de investigación y sus experiencias de forma análoga a como lo realizan los científicos en las publicaciones especializadas.

Esta no pretendía ser una serie monográfica de educación enfocada a los académicos o a los docentes de universidad, pretendía ser una publicación para que los maestros en ejercicio publicaran de manera formal sus investigaciones, experiencias y análisis. Con esta idea, en 2011, publicamos los primeros tres números de la Serie El CSIC en la Escuela. Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula.

Quince números después podemos considerar esta experiencia como positiva. Hemos publicado noventa y ocho artículos en los que han intervenido más de un centenar de docentes y científicos. La temática ha sido muy variada, desde proyectos científicos desarrollados en el aula (lo más numeroso) hasta ensayos sobre el proceso de aprendizaje y la didáctica de las ciencias.

Desde el primer momento apostamos por el formato electrónico para nuestra publicación y cada número fue alojado en la web Libros CSIC desarrollado por la Editorial del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Las ventajas de este formato son muchas, la inmediata accesibilidad, el ahorro de costes de producción y la capacidad de cuantificar el éxito de la publicación por el número de visitas. En el momento que se escriben estas líneas los números publicados en dicha plataforma han recibido 92 512 visitas, y varios de ellos se encuentran entre los más visitados de la sección de Divulgación Científica y de Ciencias Sociales.

En estos últimos años el proyecto El CSIC en la Escuela ha mantenido sus principales líneas de actuación: la formación científica del profesorado de las primeras etapas educativas (veinticuatro actividades de este tipo en 2016), la investigación en

los procesos de aprendizaje, las actividades de difusión y divulgación del proyecto y el desarrollo de herramientas para los docentes.

Hemos implementado nuevos proyectos como «KIDS.CSIC, aprender CIENCIA es divertido», el cual demuestra ser una herramienta muy útil para los maestros y para las familias. Hemos extendido nuestro método de formación científica a docentes de otros países (República Dominicana, Polonia) y a los maestros de los Centros Públicos Españoles en el extranjero (Lisboa).

En fechas recientes la Comisión Europea, en el marco del Programa Erasmus Plus, nos ha concedido la coordinación de un proyecto, centrado en la mejora de estrategias y la implementación de nuevas prácticas, para favorecer la formación científica en los centros educativos; en este proyecto trabajamos con profesionales de la educación de cinco países de la Unión Europea: Estonia, Italia, Lituania, Polonia y España.

Ahora, con este decimoquinto número, hemos decidido suspender la publicación de la Serie El CSIC en la Escuela. Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula, debido al alto volumen de nuestras actividades y a nuestros recientes compromisos.

No queremos despedir esta publicación sin agradecer el trabajo de todos los maestros y las maestras que han participado en la elaboración de cada número, reconociendo el gran esfuerzo extra que se añadió a su ya complicada y agotadora actividad diaria: la educación de los más pequeños. Nuestro recuerdo, también, a los docentes que, desgraciadamente, nos dejaron y cuya memoria guardaremos en nuestras mentes así como las palabras que escribieron en esta Serie.

Por último, nuestra gratitud a los asesores de formación y a los distintos miembros de los comités editoriales, por su trabajo de captación y filtrado de manuscritos, y a la Editorial CSIC por su profesionalidad y por hacernos mucho más sencillo nuestro trabajo.

El equipo de El CSIC en la Escuela

Evolución en la enseñanza de la ciencia: una introducción para maestros

M.^a José Gómez Díaz

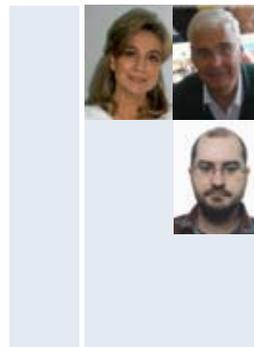
Coordinadora de El CSIC en la Escuela. VACC-CSIC

José María López Sancho

Director de El CSIC en la Escuela. IFF-CSIC

Esteban Moreno Gómez*

El CSIC en la Escuela. VACC-CSIC



Palabras clave

Conocimiento, educación, NOS, VNOS, naturaleza, ciencia, modelo, alfabetización científica.

Resumen

Exponemos brevemente las últimas líneas de investigación centradas en cuestionarios de evaluación diagnóstica referentes a la NOS (*Nature of Science*). Utilizamos esta exposición para meditar acerca de las líneas fundamentales que definen la verdadera naturaleza de la ciencia que debemos aprender y transmitir a nuestros alumnos de acuerdo con sus características.

El concepto de NOS se deriva de la forma en la que los científicos construyen el conocimiento científico y en sus características. Nosotros iremos un paso más allá en cuanto a abstracción: nos apoyamos en el modelo de conocimiento de Piaget que, como veremos, coincide exactamente con el esquema introducido por Kuhn para explicar la construcción del conocimiento de las comunidades científicas.

Introducción

En El CSIC en la Escuela, programa de la Vicepresidencia Adjunta de Cultura Científica del CSIC, coordinará un Proyecto Erasmus+ en la especialidad KA201, Asociaciones estratégicas orientadas al campo de la educación escolar, bajo el título «Scientific literacy at the school: improving strategies and building new practices of science teaching in early years education».

El objetivo fundamental de este proyecto es dar un paso más en el camino de la enseñanza de la ciencia en las primeras etapas (K-6), pasando de enseñar única-

.....
* E-mail del autor: esteban@orgc.csic.es.

mente *contenidos* (típico de la época de los *benchmarks* —referencias— que ocupó la segunda mitad del siglo pasado) a presentar estos contenidos estructurados dentro del esquema general del conocimiento y, más concretamente, en el marco que caracteriza y define la Naturaleza de la Ciencia (NOS, por sus siglas en inglés, *Nature of Science*).

La investigación en el tema general de la NOS es en la actualidad un campo de gran actividad, encaminado a determinar tanto sus características como las formas de evaluación de su conocimiento más apropiadas para educadores y alumnos.

Este nuevo campo tiene sus raíces en la filosofía del conocimiento, donde los hitos fundamentales los encontramos en las obras de Pitágoras, Platón, Aristóteles, Descartes y Piaget, por citar los más característicos. Este camino se encuentra en su recorrido por la historia, con la obra de Kuhn, Popper, Lakatos y Feyerabend, que, a su vez, confluyen con los resultados obtenidos en el campo de la inteligencia artificial emprendido por Boole, Wittgenstein, Turing y Von Neumann. A esta riqueza de nuevos conocimientos se une la solución del viejo problema de mente y materia que planteó oficialmente Descartes¹, pero presente ya en la obra de Pitágoras, y que podemos situar en la reunión de mediados del siglo pasado que dio lugar a la Revolución Cognitiva.

El resultado ha sido y es impresionante, como es evidente cuando se estudian los nuevos campos de Representación del Conocimiento en sistemas expertos (KR) o el de Gestión del Conocimiento (KM), cuyos resultados nos interesan a los profesionales de la enseñanza, ya que la educación consiste en transferir la totalidad del conocimiento de una generación a la siguiente.

Es evidente que los adelantos en tecnología de la información de los últimos años han modificado profundamente el panorama de la enseñanza. Hace escasamente treinta años los niños no disponían de otra fuente de información que los libros de texto y los que encontraban en las bibliotecas públicas o en su domicilio. Y los profesores e investigadores debían utilizar gran parte de su tiempo en librerías, hemerotecas y bibliotecas de los centros de investigación donde encontrar obras de referencia y resultados de publicaciones científicas de gran calidad científica y de última hora. Los datos recogidos como resultado de estas tareas se guardaban en forma de notas tomadas a mano en cuadernos de trabajo o, en el mejor de los casos, en forma de fotocopias de los trabajos originales. Todo ello requería conocimientos y medios que no estaban al alcance de sus alumnos, lo que marcaba una clara diferencia entre estar sobre la tarima del profesor o en los pupitres del alumno.

En la actualidad, las técnicas de búsqueda de información y conocimiento explícito han cambiado completamente. Profesores y científicos acceden a información y resultados de investigación desde sus ordenadores, en su centro de trabajo o en su domicilio, por medio de potentes motores de búsqueda que realizan la labor de recogida y organización de datos cuyo resultado puede almacenarse en forma de archivos digitales, en documentos personales elaborados con la herramienta de corta y pega o como salida de su impresora. Y este trabajo se ha simplificado hasta el punto de que incluso un niño, en sentido estricto, puede realizarlo. Pero, desafortunadamente, ningún buscador puede distinguir entre información fidedigna o, incluso, con sentido común, de la que se encuentra en las páginas web de los astrólogos, los adivinadores, los partidarios de la ciencia ficción o los de asociaciones pseudocientíficas con fines dirigidos a intoxicar la opinión pública.

Y, como es evidente, es imposible contar con los conocimientos necesarios para juzgar cada uno de los contenidos que encontramos en la red. Por eso es necesario que los nuevos viajeros de la web hayan adquirido algún tipo de formación que les permitan distinguir ciencia de lo que no lo es (el famoso problema de la demarcación), diferenciar entre opiniones personales (aunque sean de personalidades relevantes) de teorías científicas y no confundir hipótesis de trabajo con el verdadero conocimiento científico. Y este es el tipo de formación que se pretende que adquieran al asimilar la Naturaleza del Conocimiento, que constituye un nivel más en la asimilación de lo que es la ciencia.

Todos los que formamos parte de este proyecto nos hallamos personal y profesionalmente involucrados en la enseñanza. Y todos nos hemos encontrado de manera continuada, y seguimos encontrándonos, en las dos situaciones de alumno que debe examinarse y de profesor que debe enseñar. Así nos hemos dado cuenta de que, si bien se aprende mucho en la posición de alumno que se prepara para un examen, cuando realmente se asimila el conocimiento y se hace necesario llegar a los fundamentos de lo que aprendemos, es cuando nos vemos en la necesidad de enseñarlo a otros.

La diferencia entre los enseñantes de las primeras etapas y el resto de las profesiones es que nuestro trabajo se desarrolla con seres humanos cuyas capacidades cognitivas (lo que podríamos denominar su *hardware*) se concentran en constante desarrollo. Para darse cuenta basta comparar las capacidades intelectuales de cualquier niño al principio de curso y al final del mismo, nueve meses más tarde. Igualmente asombroso es la cantidad de conocimientos que ha adquirido (que corresponde, en principio, a la parte de *software*): transforma, con la ayuda de los

maestros, los conocimientos explícitos de los textos y programas en conocimiento implícito que se encuentra en sus mentes y que actúa como herramientas mentales *vygotskianas* que le facilitarán la adquisición de posteriores contenidos.

En este punto nos encontramos los que participamos en este proyecto Erasmus+. Todos debemos adquirir algunos conocimientos nuevos, fundamentalmente los que se refieren a la naturaleza de la ciencia, meditar sobre ellos y discutir entre nosotros las estrategias más adecuadas para enseñar las diversas disciplinas en cada etapa cognitiva de los alumnos. A lo largo del proyecto se elaborarán propuestas pedagógicas, que se discutirán dentro de cada grupo de trabajo y que se pondrán a prueba en nuestras aulas. Una vez hecho esto, discutiremos igualmente los resultados obtenidos y llegaremos a conclusiones que deberemos publicar como resultados de este proyecto.

Para guiarnos en estas tareas contaremos con unas líneas fundamentales, producto de las investigaciones más avanzadas sobre cuestionarios de evaluación diagnóstica referentes a la NOS, cuyos puntos vamos a emplear como temas de meditación y líneas fundamentales que definen la verdadera naturaleza de la ciencia que deberemos aprender y transmitir a nuestros alumnos de acuerdo con sus características.

El concepto de NOS, tal como se presenta en los trabajos de divulgación, se deriva de la forma en la que los científicos construyen el conocimiento científico y en sus características. Nosotros iremos un paso más allá en cuanto a abstracción, apoyándonos en el modelo de conocimiento de Piaget² (único modelo válido hasta ahora) que, como veremos, coincide exactamente con el esquema introducido por Kuhn³ para explicar la construcción del conocimiento de las comunidades científicas. Así, basándonos en las formas que se emplean en Inteligencia Artificial para resolver problemas de Representación del Conocimiento, El CSIC en la Escuela propone un esquema general de conocimiento (una generalización del de Piaget-Kuhn utilizando el lenguaje de informática, todo ello perfectamente conocido por los maestros), que ha sido de gran utilidad como teoría unificadora para plantear y resolver problemas referentes a la naturaleza del conocimiento.

Para terminar, queremos referirnos a las características del mundo en el que nos movemos, que es el objeto último de nuestro estudio. Es este un mundo de cuatro dimensiones, tres de las cuales definen el espacio por el que, dentro de nuestras posibilidades y con algunas limitaciones, es posible movernos. La cuarta dimensión, como todos nuestros alumnos saben, es el tiempo, por el que únicamente podemos avanzar, de forma obligada, en una dirección. Pero disponemos para librarnos de la poderosa ayuda de nuestra imaginación. Aunque nuestros sentidos

solo nos permiten ver una parte muy limitada de espacio y, dentro de ella, unos pocos objetos de un rango de tamaño muy reducido, por medio de los aparatos de observación que hemos desarrollado podemos llegar a ver el mundo microscópico y gracias a las teorías y modelos científicos es posible imaginarnos las partes del mundo submicroscópico, como las moléculas o los átomos responsables del comportamiento del mundo macroscópico. Y si invertimos el zoom, podremos también imaginarnos el universo más allá de lo que nuestros instrumentos de observación nos permiten ver, representando en nuestra mente galaxias y cúmulos. De la misma manera, somos capaces de imaginar el funcionamiento del cuerpo humano o la constitución de nuestro planeta, aumentando así la parte del mundo por el que podemos movernos.

Igualmente, utilizando el potente simulador que constituye nuestra mente, somos capaces de desplazarnos por el eje del tiempo, mediante modelos y teorías que construimos a partir de las fuentes históricas o prehistóricas, imaginando cómo vivían las personas en otros tiempos y cómo sus comportamientos y descubrimientos han influido sobre nuestra situación actual. Podemos, incluso, jugar con el pasado construyendo historias contra factuales e imaginando lo que hubiese ocurrido si en vez de vencer los romanos a los cartagineses hubiese ocurrido lo contrario. Es este un ejercicio de imaginación verdaderamente fascinante y muy parecido al que tienen lugar en nuestra mente cuando hacemos planes sobre el futuro utilizando siempre nuestro poder de simulación de la mente. Cuando a este simulador, con el que todos contamos, lo programamos con las leyes de la naturaleza, los modelos y las teorías científicas (tarea específica de los maestros), penetramos en un mundo fascinante al que no podemos sustraernos y que no debemos hurtar a nuestros alumnos.

La importancia del problema del conocimiento en la enseñanza

Una de las ideas más esclarecedoras sobre el tema de la enseñanza es la nueva concepción de la facultad de aprender, que los seres humanos tienen tan desarrollada. Como consecuencia de los trabajos modernos sobre construcción del conocimiento, biología evolutiva, psicología, etc., en este momento **se considera la transmisión del conocimiento como una nueva forma de evolución**. Efectivamente, nos estamos refiriendo a una evolución en el sentido biológico, darwiniano, de la palabra. La idea que les presentamos es una generalización de lo que podríamos llamar «adaptación intelectual».

Un buen ejemplo es el del comportamiento evolutivo del mamut y el hombre ante la última glaciación. Al producirle el descenso de temperatura en forma lenta y gradual, el mamut evolucionó cubriéndose con un pelo denso y aislante, que le permitió sobrevivir. La capacidad de producir este pelo protector se le comunicaba a su prole a través de la herencia biológica, pues iba «impreso» en sus genes. El hombre, en cambio, se adaptó a las bajas temperaturas aprendiendo a fabricar vestidos hechos con pieles de animales apropiados (con todas sus complicaciones de curtido, diseño y cosido), y transmitió este conocimiento a sus descendientes, enseñándoles las técnicas que había desarrollado. La etapa de glaciación terminó bruscamente y mecanismos de evolución genética no permitieron al mamut perder su pelo, y su especie se extinguió. Para los descendientes del hombre, en cambio, desandar el camino de la adaptación fue tan fácil como quitarse el abrigo o elegir ropas menos calurosas, debido a que la forma de transmisión del conocimiento era mucho más rápida de modificar y adaptar que el mecanismo genético que descubrió Darwin⁴. En la figura les mostramos una representación gráfica que ilustra esta idea (**Imagen 1**).

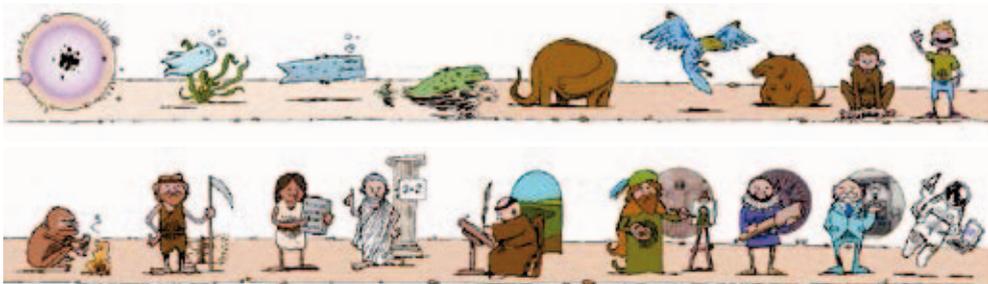


Imagen 1. Superior. El largo camino de la evolución por «hardware». Inferior. El camino rápido de la evolución por «software». Modificado de López Sancho (2003).

Mientras que la Naturaleza necesitó millones de años para transformar un dinosaurio en un animal capaz de volar, o un pez en un ser que pudiera desenvolverse en tierra firme, en solo unos miles de años hemos visto cómo el *homo sapiens* pasa de pobre recolector de frutos silvestres, no ya a ser capaz de volar, sino a lanzar satélites artificiales e, incluso, a viajar hasta la Luna. Esta enorme capacidad de evolución se basa tanto en el hecho asombroso, en palabras de Einstein, de que «el mundo pueda entenderse», como en la facilidad e, incluso, la necesidad, que presenta el niño de absorber todo conocimiento que se pone a su alcance.

Ya que la evolución humana se produce a través del conocimiento, la educación debe desarrollar las capacidades básicas del proceso de aprender: creatividad, curiosidad, lógica, etc.

Breve introducción a la naturaleza del conocimiento

Podemos comenzar nuestro discurso exponiendo el problema de mente y materia que, aunque siempre estuvo presente en filosofía, fue planteado como tal por René Descartes⁵ (**Imagen 2**). De una manera muy concisa consiste en la dificultad de explicar la comunicación de las ideas que se generan o almacenan en la mente, de esencia inmaterial, y en el cuerpo, de naturaleza material. ¿Cómo explicar que el deseo de extender el brazo, una idea, sea la causa de un acto material como el movimiento del brazo? El problema tiene su raíz en el platonismo, que parte de principio de que el mundo está formado por dos clases de elementos, las ideas y la materia. Este dualismo permanecerá sin resolver, como veremos, hasta mediados del siglo XX, en un famoso congreso que dio lugar a la Revolución Cognitiva.

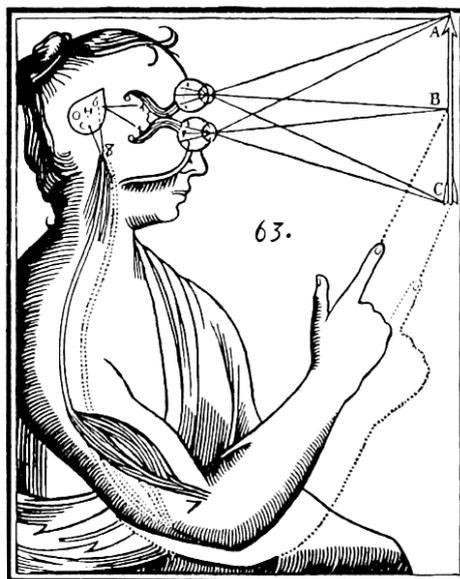


Imagen 2. Ilustración de Descartes sobre el dualismo en su obra *Tratado del hombre*. Fuente: commons.wikimedia.org.

El problema de la relación del mundo de las ideas, por un lado, y del mundo material, por otro, fue el primero que hubo de abordar la disciplina de Inteligencia Artificial, a la que nos hemos referido. La forma en que lo resolvió es, a parte de útil en nuestro discurso, muy interesante en sí misma, por lo que la expondremos brevemente.

En primer lugar citaremos la obra de Saussure:

Ferdinand de Saussure nació en Ginebra en 1857. Estudió en Leipzig y empezó a enseñar lingüística en París hasta que, en 1891, fue nombrado profesor de sánscrito (una lengua de la india). El último año de su vida impartió un *Curso de Lingüística General*⁶.

Tras la publicación, en 1922 del *Tractatus* de Wittgenstein⁷ el contenido del curso de Saussure se manifestó de gran relevancia pues plantea el significado de las palabras de una forma sincrónica, convirtiendo la investigación en una especie de estudio de instantáneas del lenguaje; esta idea la define Saussure (**Imagen 3**) de una forma extraordinariamente sintética: *una palabra significa aquello para lo que se utiliza*. Esta es la razón de que la misma palabra tenga significados muy distintos cuando se emplea en situaciones diferentes (piénsese en gato, por ejemplo).



Imagen 3. Ferdinand de Saussure. Fuente: commons.wikimedia.org.

Podemos generalizar esta idea diciendo que **el significado es el mecanismo de enlace entre un símbolo, sonido o gesto y una idea o concepto**.

Pero, como sabemos, las cosas del mundo son demasiadas para ponerlas nombre a todas. Es necesario formar conceptos: conjuntos de cosas, de infinitas cosas, de manera que podamos dar un nombre a esos conjuntos, construyendo así las ideas universales de Platón.

De acuerdo con estas conclusiones, el lenguaje es convencional y arbitrario; pero una vez establecido, una palabra significa algo porque **nos hace pensar** en una cosa determinada.

El símbolo es la palabra o el gesto. La **cosa** a la que nos referimos es lo que nos evoca. Y el proceso de la **evocación** en sí es **el significado**.

Esta definición de significado puede recordarnos a la de Kant para la estética. El intento de construir un puente que sirva de unión entre el mundo material y el espiritual, el mundo de las cosas con el de los conceptos. Pero en el lenguaje, ese enlace se realiza por medio de un convenio entre los que hablan; en cambio, en el arte es el artista el que crea el signo (mediante colores, formas, líneas, sonidos y volúmenes) y lo crea, con la intención de evocarnos una idea o un objeto de una forma automática (aunque basada en el paradigma del momento) sin necesidad de que antes tengamos que aprender el *idioma*.

El concepto de información

En la década de los 30 tuvo lugar, también, el nacimiento de una nueva disciplina, la teoría de la información. Se debió a los trabajos de Claude E. Shannon, publicados en *The Bell Systems Technical Journal* bajo el título *Mathematical Theory of Communication*⁸. Esta publicación dio lugar a la aparición de una nueva magnitud, la información, con una unidad de medida que todo el mundo conoce, el BIT.

Los autores de esta introducción son de la opinión de que, si bien en lingüística la hipótesis de Sapir-Whorf⁹ puede necesitar de una cierta puntualización o, incluso, ser muy contestada; en el aprendizaje de la ciencia su validez no deja lugar a dudas. La citada hipótesis establece una fuerte relación entre las categorías gramaticales del lenguaje (conceptos que posee una persona) y la forma en la que esa persona entiende, analiza, memoriza y modeliza el mundo. Cuando caminamos por el campo, un botánico *verá* muchas más especies de plantas que una persona que no sepa distinguir una especie de otra. Si necesitamos recorrer el camino que hemos llevado en sentido inverso, el botánico lo hará sin dificultad pues habrá memorizado las plantas que ha encontrado y que le servirán de guía. Un ejemplo de este fenómeno lingüístico es el aprendizaje de la física, cuyo primer paso consiste en mostrar al alumno una serie de conceptos inexistentes en el lenguaje corriente pero que resultan imprescindibles para analizar científicamente el mundo: fuerza, trabajo, presión, energía, entropía, etc. Son conceptos nuevos que definen magnitudes cuya existencia en el mundo real el alumno no podía imaginar y que, sin embargo adquiere con mucha facilidad durante el proceso de aprendizaje. Veremos un gran número de ejemplos a lo largo de este proyecto. De hecho, pensamos que este análisis conceptual del mundo corresponde a un tipo de representación que es clave en el caso del conocimiento científico.

Se da por supuesto que la capacidad de conceptualización es innata, el *lenguaje-L* de Chomsky¹⁰, como prueba el hecho de que Shannon lo realizara, pero una parte fundamental del aprendizaje es la conceptualización apropiada del mundo, lo que constituye la ontología en Representación del Conocimiento. Gracias a la aparición del concepto de información, podemos entender el papel del ADN en la codificación de las proteínas o la cantidad de datos que se pueden enviar o recibir por fibra óptica. A partir de Shannon el mundo pasa a estar constituido por materia (y energía), espacio (y tiempo) e información.

Puede parecer difícil que en el proceso de aprender los alumnos puedan adquirir fácilmente conceptos que han sido desarrollados a lo largo de la historia por personas de excepcional inteligencia. Es una capacidad del ser humano que Huxley

enunció apenas terminó de leer *El origen de las especies*, de Darwin. Cuando dejó el libro sobre la mesa, pensó: «qué idea tan sencilla, ¿cómo no se me habrá ocurrido a mí?»¹¹.

Sigamos ilustrando los acontecimientos relevantes para nuestra pequeña introducción. En 1936, Turing¹² publicó el diseño conceptual de un computador extremadamente simple, ya que solo contaba con una memoria externa (una cinta de papel infinita, dividida en casillas en las que se podían escribir, por ejemplo, unos y ceros) y una cabeza lectora que lee cada una de las casillas modificando su estado interno y, de acuerdo con un programa, hace avanzar o retroceder la cinta hasta situar la cabeza en una nueva casilla donde puede sustituir la información escrita en ella. Ese concepto, la máquina de Turing, aparte de responder cuestiones planteadas por Hilbert, demuestra la idea de que cualquier programa (*software*) puede *correr* en cualquier tipo de máquina (*hardware*) siempre que se adapte a ella (**Imagen 4**).

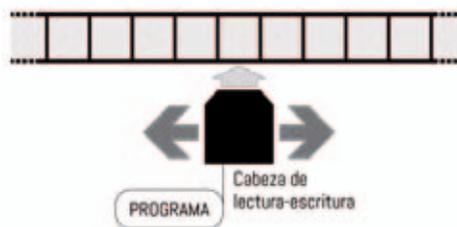


Imagen 4. Esquema de la máquina de Turing.

La revolución cognitiva

Gardner¹³ sitúa el comienzo de la Revolución Cognitiva a principios del curso 1948-49, cuando se celebró en el Instituto Tecnológico de California un simposio bajo el título de *Los mecanismos cerebrales y la conducta* (*Cerebral Mechanisms and Behavior*). Formaron parte de este evento científicos de muy diversas áreas. Von Neumann, la máxima figura en el campo emergente de la computación mediante máquinas electrónicas tenía interés en conocer el funcionamiento del cerebro humano para aplicar, si era posible, algunas de sus características al diseño de ordenadores; a la vez tenía la idea de que la organización de un ordenador, tal como él lo había concebido, podía servir como animal modelo para simular la mente humana; Warren Mc Culloch, importante neurofisiólogo, tenía la idea de que, una vez conocido el funcionamiento neuronal, podría simularse en un ordenador o máquina de Turing. Y Karl Lashley, psicólogo conductista interesado en los mecanismos del aprendizaje y su relación con la memoria.

George Miller¹⁴, por su parte, piensa que el momento más importante de la Revolución Cognitiva fue la presentación por Noam Chomsky de su nueva gramática generativa. Unos años más adelante, en 1959, publicó un estudio crítico de la

obra de B.F. Skinner (*Verbal Behavior*) en la que critica la forma de estudiar el lenguaje (mediante el análisis de habla producido por la mente), proponiendo una verdadera *teoría* en la que se dan las reglas para la producción del habla.

Sea como sea el comienzo de este nuevo paradigma (en el sentido de Kuhn), lo que es importante para el tema que nos ocupa es que, de acuerdo con la modelización propuesta por Von Neumann, podemos representar la mente por un ordenador en el que el cerebro es el *hardware* y el pensamiento los programas que corren en él. Y, de acuerdo con la concepción de *software* y *hardware* de Turing, podemos estudiar el funcionamiento de la mente centrándonos en el programa, llegando a conclusiones que serán verdad independientemente de cómo funcione el cerebro.

Otra línea de investigación muy activa en la actualidad se centra, justamente, en estudiar la estructura del cerebro y como se procesan diferentes tipos de conocimiento¹⁵. Parece demostrada la existencia de módulos específicos cuyo funcionamiento defectuoso produce dislalia, dislexia o discalculia, lo que facilita el diagnóstico de estos problemas mediante el uso de aparatos especiales de resonancia magnética en tiempo real. Pero este tema se sale de nuestros objetivos.

La representación del conocimiento en Inteligencia Artificial

Ludwig Josef Johann Wittgenstein nació el 26 de Abril de 1889 en Viena, en una de las familias más acaudaladas de la ciudad. Brahms, Mahler y Casals frecuentaban el palacio de los Wittgenstein. Hasta los catorce años su educación estuvo a cargo de profesores particulares, pero a esa edad sus padres lo enviaron a la escuela de Linaz, donde coincidió con Adolf Hitler, casi de su misma edad. En 1906 comenzó sus estudios de ingeniería, que continuó a partir de 1908 en Manchester. Pero su interés cambió allí hacia la lógica, posiblemente por la influencia de Frege, uno de sus profesores. Por indicación suya fue a estudiar a Cambridge, donde conoció a Bertrand Russell, diecisiete años mayor que él, al que le unió una gran amistad.

Poco después de comenzar la guerra de 1914 se alistó como voluntario en el ejército alemán. Durante la contienda escribió una de las obras más importantes de la filosofía contemporánea, su famoso *Tractatus Logico Philosophicus*. Esta obra marca la aparición de la *Filosofía analítica*, base del estructuralismo en todas sus ramas. Trata de la esencia del lenguaje, de las matemáticas, la lógica y la ciencia, y contiene observaciones y comentarios sobre la ética y la religión. Con ella Wittgenstein pasó a ser reconocido como uno de los filósofos más importantes de la historia.

Tras la guerra empezó a desarrollar nuevas opiniones, diferentes de las enunciadas en el *Tractatus*. Estas quedaron plasmadas en su segunda gran obra, *Investigaciones Filosóficas*, que se publicó dos años después de su muerte.

Wittgenstein nos refiere un hecho que le dio la clave para desarrollar su teoría sobre el pensamiento, que se basa en una representación mental del mundo exterior y que es la base de la representación del conocimiento.

Ocurrió en el desarrollo de un juicio legal referente a un accidente de circulación. En el juicio se emplearon coches de juguete para reconstruir el accidente y, de acuerdo con los testimonios de los diferentes testigos, se representaron las distintas formas en que se decía que ocurrió el accidente (**Imagen 5**).



Imagen 5. Ilustración sobre el juicio al que se refiere Wittgenstein. Modificado de López Sancho (2003).

Para Wittgenstein, los cochecitos hacían en nuestro pensamiento el mismo papel que las ideas evocadas por las palabras: sustituían las cosas del mundo.

En 1956, John McCarthy¹⁶ utilizó por primera vez la expresión «inteligencia artificial», para designar el arte de construir máquinas y programas capaces de resolver problemas por sí mismos.

El problema de la representación del conocimiento

Como hemos anunciado, utilizaremos la sugerencia de Von Neumann de modelizar la mente como un ordenador que dispone de memoria (tanto para datos como para programas) y de capacidad para aplicar un subconjunto de la lógica de primer orden (*if-then statements*)¹⁷ fácilmente implementable por elementos electrónicos que funcionan de acuerdo con el álgebra de Boole¹⁸.

Para entender un primer modelo de representación de conocimiento dividiremos el mundo en dos partes, el mundo real y el modelo de mente del tipo Von Neumann¹⁹. En la parte inferior se encuentra el mundo real, con sus objetos y sus procesos. En la parte superior se halla nuestra mente, donde hemos almacenado una representación muy simplificada de la parte del mundo real que conocemos. La operación más importante que nos permite llevar a cabo esta representación es la conceptua-

lización, por medio de la cual reunimos en una única idea los infinitos elementos que forman dicho concepto. Los niños presentan esa capacidad desde muy pequeños, antes de que sean capaces de hablar, y forman el concepto *perro*, por ejemplo, a partir de haber establecido contacto con unos pocos ejemplares. Lo mismo ocurre con conceptos más difíciles, como justicia, cariño, autoridad, que van adquiriendo muy rápidamente y que son la base del pensamiento y del lenguaje. De acuerdo con Saussure, el enlace entre el mundo real y el de la representación corre a cargo de la semántica, que proporciona las etiquetas que relacionan el mundo real con el de las representaciones mentales y que permiten que las distintas representaciones de diferentes personas se pongan en relación unas con otras por medio del lenguaje. Una misma palabra, *perro*, evocaría en los hablantes del español la misma idea o concepto. A la vez, la universalidad del lenguaje a que se refiere Chomsky hace posible la traducción entre diferentes lenguas, ya que la palabra *dog* evocaría en los que hablan inglés la misma idea o referente al que nos referimos.

La representación simplificada e idealizada de la parte del mundo exterior que queremos estudiar (o que nuestra capacidad cerebral nos permite esquematizar) recibe el nombre de **modelo**. En ella se hallan los sucedáneos de los objetos reales y de su comportamiento, y sobre ellos actuamos con una herramienta innata que la mente utiliza para deducir e inferir reglas, la lógica. Esta herramienta forma parte de la batería de *software* (o *firmware*) con el que nacemos, entre las cuales se encuentra el de generación del lenguaje que, como hemos dicho, postula Chomsky.

En esta representación el primer software que funciona es el lenguaje materno. Con su ayuda se puede describir cualquier situación, real o imaginada, con tal de que se conozca el léxico correspondiente (la ontología). Y todos los seres humanos educados en sociedad llegan a dominar el lenguaje materno.

Cualquier problema que nos planteemos o que intentemos resolver se lleva a cabo mediante operaciones que tienen lugar en la mente, igual que las historias imaginadas, los pronósticos que realicemos o las innovaciones que creemos. Y, lógicamente, el conocimiento que tenemos del mundo se halla en nuestra mente y solo en nuestra mente, por lo que cuanto más exacta y detallada sea la representación, mayor será nuestro conocimiento.

No debemos creer que esta descripción es original o que ha sido inventada por los científicos e ingenieros de Inteligencia Artificial. De hecho, lo encontramos en Platón que, inspirándose en Pitágoras, llega a la conferir más realidad a las ideas que formamos en la mente que a los objetos que representan, postulando que solo las ideas tienen existencia real y que el mundo está formado por una especie de copias imperfectas o sombras de estas ideas. Así lo describe en su *República* (libro

VII) en un diálogo entre su hermano Glaucon y su maestro Sócrates, y en otra de sus obras, el Menón²⁰ (donde un esclavo iletrado, hábilmente dirigido por Sócrates, es capaz de resolver un complicado problema de geometría), explica que todas las personas contamos con la lógica de forma innata.

Aristóteles modifica este modelo de conocimiento al rebajar las ideas de Platón a productos del procesamiento humano de la realidad, llamándolos universales, es decir, conceptos formados por las personas como resultado de su análisis del mundo²¹.

Si seguimos con la historia, deberíamos volver a citar en este punto a Descartes, que acepta la división entre el mundo material y el mundo espiritual donde tiene lugar la existencia de las ideas, señalando la dificultad de imaginar una comunicación entre tan diferentes mundos.

Siguiendo nuestro camino por el tiempo, la Revolución Cognitiva nos trae una propuesta de solución al problema de Descartes al postular, empleando el modelo de Von Neumann, que el cerebro es el *hardware* del ordenador y el pensamiento el *software*.

El siguiente paso nos lleva a Piaget, cuya obra se extiende a lo largo de todo el siglo XX. Piaget postula un mecanismo de conocimiento equivalente al que estamos tratando. Él denomina *esquema* a la representación que las personas elaboran en sus mentes como sucedáneo del mundo real. En esta representación se llevan a cabo las simulaciones de los procesos que ocurren al otro lado de la línea, e introduce una operación muy importante, la de comparar los resultados obtenidos por la simulación mental con lo que en realidad tiene lugar en el mundo real. Esta operación, que él denomina *asimilación* (**Imagen 6**), tiene por objeto comprobar que ambos resultados coinciden, cumpliéndose el deseado isomorfismo entre realidad y esquema.

Piaget introduce, asimismo, la importante operación de corrección del esquema mental, en el caso en el que falle la coincidencia entre el resultado obtenido en la

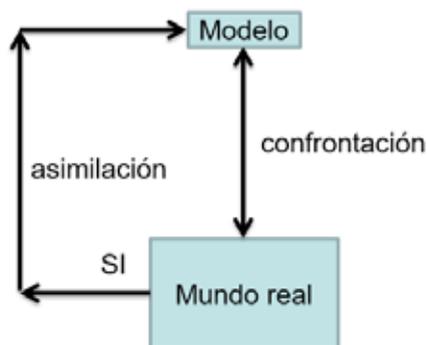


Imagen 6. Representación del proceso de asimilación, dentro de la caja. Modificado de Gómez y López Sancho (2013).

mente. Este nuevo proceso mental, que él llama *acomodación*, consiste en modificar el esquema (**Imagen 7**) que se comprueba inexacto por otro que se adecúe a los nuevos resultados observados²².

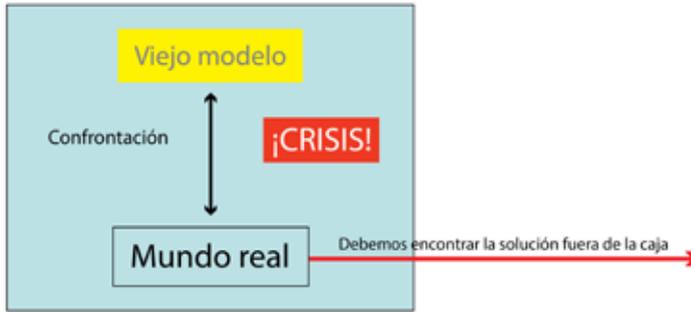


Imagen 7. Representación del proceso de acomodación, «fuera de la caja». Modificado de Gómez y López Sancho (2013).

Como es evidente, el proceso de *acomodación* constituye el mecanismo por el que los seres humanos generan nuevo conocimiento. Este mecanismo requiere de procesos creativos: los que se encuentran fuera de la *caja* que es regida por la lógica

deductiva. El traslado de este tipo de procesos al campo de la inteligencia artificial se encuentra en estudio actualmente.

Siguiendo con nuestro recorrido, llegamos a Kuhn, cuya obra toma el modelo de Piaget y lo aplica al caso del conocimiento científico, aplicándolo al caso de las comunidades científicas que, a pesar de estar formadas por personas, tienen sus



Imagen 8. Modelo de Piaget para los mecanismos de generación de conocimiento. Modificado de López Sancho (2015).

propias reglas de comportamiento. Para Kuhn, lo que Piaget llama esquema pasa a ser representaciones que se desglosan en leyes, modelos y teorías. Los periodos en los que una representación explica la realidad (es decir, sus predicciones coinciden con las observaciones) son periodos de ciencia normal y, cuando esta coincidencia deja de ocurrir, tienen lugar un periodo de desconcierto o de crisis, durante el cual se produce una modificación de paradigma (revolución científica equivalente al acomodación de Piaget²³). El esquema sigue siendo el mismo (**Imagen 8**).

En este punto debemos aclarar que Piaget utiliza su modelo de representación de conocimiento no solo para explicar su mecanismo de elaboración de ese conocimiento sino para estudiar la evolución del *hardware* o capacidad cognitiva de los

niños correlacionándola con la edad, dando lugar a las famosas etapas del desarrollo mental, caracterizadas por cambios cualitativos en la capacidad cognitiva. Piaget determina el estadio de desarrollo del *hardware* del niño planteando problemas cuyo planteamiento comprende perfectamente, pero para cuya solución necesita conceptos o mecanismos de inferencia que todavía no posee.

Muchos autores han criticado a Piaget (ver Matusov *et alii* en lecturas recomendadas) basándose en la inexactitud de sus apreciaciones en cuanto a las edades que separan estos estadios, sin darse cuenta que la genialidad del planteamiento radica en señalar la existencia de esos estadios, apuntando la posibilidad de determinar en cuál de ellos se encuentra el niño.

Como vemos, es posible elaborar un modelo de conocimiento que se acomode tanto a los que se han aplicado a los seres humanos como a los inventados específicamente para las máquinas. Por esa razón vamos a exponer nuestro modelo simplificado de conocimiento científico, con la intención de que sirva de guía para entender los procesos que trataremos en lo que sigue.

Representación no es igual a realidad

Una idea que debemos transmitir a nuestros alumnos es la de la naturaleza ficticia e imaginada de los modelos científicos. Como deja claro Magritte, una cosa es una pipa y otra muy diferente es la representación de una pipa, por mucho que se puedan parecer la una a la otra (**Imagen 9**).



Confundir realidad y representación es un error grave y que no solo se ha dado en enseñanza. En algunos casos, como en el paso del modelo geocéntrico de Ptolomeo al modelo heliocéntrico de Copérnico, la defensa de uno frente a otro fue mucho más allá de lo razonable y trascendió al campo puramente científico.

Imagen 9. Cuadro de Magritte. *Esto no es una pipa*. 1928. Fuente: Flickr.com.

Datos, información y conocimiento

A continuación, una vez establecido lo que es un modelo, definiremos lo que son datos, información y conocimiento, siguiendo el planteamiento del campo de Ingeniería de la Información²⁴.

El **conocimiento** que tenemos de nuestra vivienda se puede concretar en el esquema que de ella almacenamos en nuestra mente. Además de lo que podríamos definir como un mapa de la misma, tenemos una serie de *reglas o leyes* que lo complementan, sin las cuales el mapa no tendría utilidad. Así, sabemos que no podemos atravesar las paredes, que las puertas pueden estar cerradas o abiertas, las luces encendidas o apagadas, que por la noche debemos llevar una linterna si queremos entrar en el garaje o que hay un escalón en la entrada donde podemos tropezar. El único sitio en el que, por el momento, podemos almacenar conocimiento es en la mente, porque dispone de mecanismos lógicos que nos permiten tomar decisiones sobre nuestros actos. Si existen dos caminos que nos llevan al garaje desde la cocina, por medio del conocimiento del que disponemos y de los mecanismos de deducción e inferencia que poseemos podremos tomar una decisión sobre el camino que nos conviene seguir.

La mente (recordemos que la mente está formada por el cerebro más los programas o herramientas innatas y adquiridas, del tipo de las de Vygotsky²⁵) elabora los esquemas que contienen el conocimiento a partir de observaciones del mundo exterior, que consigue a través de sus sentidos.

Los **datos** son lo que percibimos del mundo a través de nuestros sentidos. En muchos trabajos, como en el lenguaje corriente, confundimos datos con información. Los datos se encuentran en el mundo real y no pueden almacenarse o perderse. Son datos la distancia entre dos ciudades, el número de alumnos de nuestra clase y las alturas de cada uno de ellos. Están en el mundo real y no pueden destruirse. Por eso es absurdo pensar que se pueden perder datos. Pero si medimos la distancia por carretera entre dos localizaciones, obtenemos un número seguido del nombre de la unidad empleada para medirla. Hemos extraído, a partir de los datos, la **información** que nuestro cerebro puede manejar y manipular para construir conocimiento. Esta distancia es la información que hemos obtenido en lo que normalmente se llama recogida de datos pero que, en realidad, es recogida de información.

Si no manejásemos información solo podríamos construir conocimiento a través de la observación directa del mundo. Pero, además, podemos recibir información por medio de fotografías, mapas, descripciones escritas o recitadas, etc., que nos proporcionan información que otros han elaborado a partir de observaciones del mun-

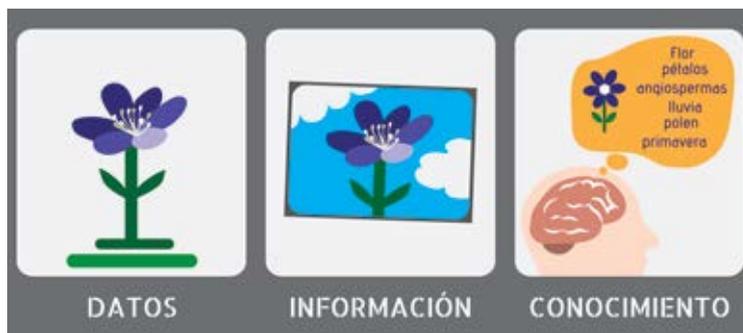


Imagen 10. Esquema que ilustra las diferencias entre datos, información y conocimiento.

40 años, eso constituye un dato que no puede cambiarse. Es la realidad. Pero la información sobre su edad que figura en el carnet de identidad sí puede ser falseada. Y, como vemos, el dato no puede perderse, transportarse o robarse ni manipularse, al contrario de la información (**Imagen 10**).

La información es importante porque es el único reflejo de la realidad que pasa a la mente desde el mundo real. Como todos sabemos, la información se puede someter a innumerables operaciones que facilitan su asimilación o su utilización. Entre estas manipulaciones se encuentran las formas de presentarla. A veces se utilizan tablas, otras veces representaciones gráficas en forma circular, barras, etc. A continuación trataremos el caso especial de la ciencia, que es el que nos interesa.

Las leyes, la forma más eficiente de almacenar información

Partiendo del esquema general de representación del conocimiento, que divide nuestro espacio de trabajo en realidad y representación mental, el conocimiento científico, la ciencia, se limitará al estudio de la parte de la realidad formada por los **observables que pertenezcan a la clase de las magnitudes**, lo que de acuerdo con la definición que se da en las escuelas, son cosas que se pueden medir, pesar o contar. La masa, el peso, la longitud, los intervalos de tiempo, etc., son magnitudes. Esta elección nos limita inmediatamente la parte del mundo que constituye el objeto de la ciencia, dejando fuera del campo de estudio la mayoría de las cosas importantes de nuestra realidad. El amor, el odio, la justicia y tantas cosas importantes quedan fuera del campo de la ciencia, lo que constituye una primera aproximación al problema de la demarcación entre conocimiento científico y no científico. Por supuesto, en esta limitación no se incluyen los conceptos que forman parte del procesamiento lógico de la información obtenida.

do y que podemos asimilar fácilmente.

Es muy importante distinguir entre datos (que se encuentran en el mundo) e información. Por ejemplo, si la edad de una persona es

A veces los conceptos son difíciles de definir y es conveniente iniciar el proceso de aprendizaje mediante un ejemplo. Supongamos que hemos decidido investigar el proceso geométrico de la refracción de la luz cuando pasa del aire al agua, por ejemplo. El primer paso consiste en definir perfectamente los conceptos y magnitudes que toman parte en el proceso que queremos estudiar. El primero de estos conceptos es el rayo luminoso y trayectoria de la luz; el segundo es geométrico y sirve para describir la forma de la trayectoria, recta o curva y, si es necesario, el tipo de curva. También intervienen los conceptos de fuente de luz, medio transparente, ángulo de incidencia y ángulo de refracción, que deberemos definir cuidadosamente, preferiblemente ayudados por una figura (**Imagen 11**).

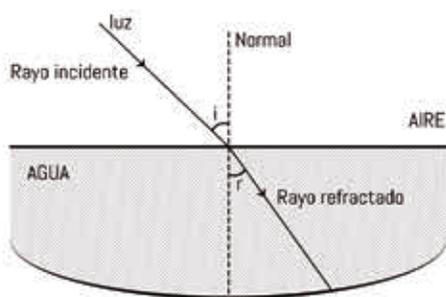


Imagen 11. Esquema que incluye la ontología del fenómeno de la refracción de la luz entre el aire y el agua.

Al conjunto de conceptos que intervienen en la descripción del fenómeno (representados en el modelo) lo llamamos **ontología** del problema y su papel es clave en el proceso de obtención de conocimiento. Cuando un profesor prepara su clase, debe organizar los conceptos que intervienen mediante un mapa conceptual, preferiblemente utilizando la técnica constructivista de Novak²⁶, llegando en su análisis hasta un nivel conceptual que sea conocido y manejado

por sus alumnos (nivel significativo de Ausubel)²⁷.

Si meditamos un poco sobre la naturaleza de las representaciones, nos daremos cuenta de que la ontología determina el modelo que hemos decidido utilizar de la realidad. En el caso de la refracción, el modelo más sencillo es el de Ptolomeo (siglo II a. C.) en el cual la luz se propaga de forma instantánea a partir de la fuente, a lo hace en línea recta (siempre que no cambie de medio) siguiendo unos caminos que reciben el nombre de rayos. Por esa razón no aparecen en la ontología de la representación los conceptos de velocidad de propagación ni tiempo empleado.

A continuación, con la ontología bien aprendida y comprendida por los alumnos, prepararemos en el aula (que es nuestro laboratorio), un montaje apropiado que nos permita medir todas las magnitudes que intervienen en el proceso, como el que mostramos a continuación. Dispondremos de una cubeta en forma de «D», que podremos llenar de agua, y de un par de transportadores que nos permitirán determinar la medida de los ángulos. Asimismo, dispondremos de un láser rojo de pequeña potencia que nos permitirá visualizar la trayectoria del rayo.

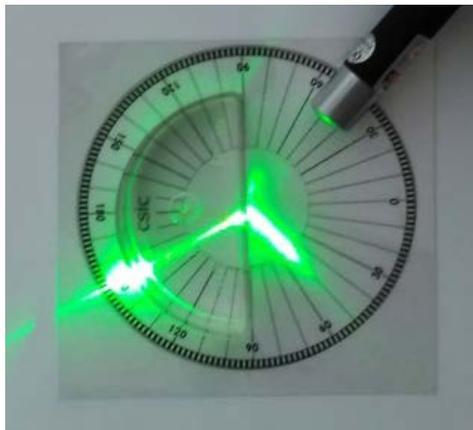


Imagen 12. Montaje experimental para medir la refracción de la luz entre el aire y el agua.

Seguidamente encendemos el láser y procedemos a determinar pares de valores que correspondan a ángulos de incidencia y refracción, tantos como deseemos (**Imagen 12**). Estos valores constituyen la información que hemos recogido de la realidad mediante el proceso de experimentación. Podemos presentar estos pares de valores en dos columnas, bajo los epígrafes correspondientes, y esta tabla constituye toda la información de la que disponemos. Con ella podremos predecir el ángulo de refracción que resultará para cualquier ángulo de incidencia de los que tenemos en la tabla.

Pero la utilidad de nuestros resultados experimentales sería mucho mayor si nos permitiera conocer el ángulo de refracción correspondiente a cualquier ángulo de incidencia posible, no solo de los que hemos determinado en nuestro experimento. Es inmediato pensar, dada la regularidad de los valores de las dos columnas, en alguna forma de interpolación pensando que si el valor del ángulo de incidencia se encuentra entre dos de los valores de la tabla, el correspondiente ángulo de refracción se encontrará, lógicamente (atención al proceso de inferencia), entre los que corresponden a esas incidencias. Y la forma más sencilla de preparar la información de manera que el proceso de interpolación sea sencillo es, sin duda, representar la tabla de valores en forma de una curva de dos dimensiones en los que los dos ejes sean las dos variables (**Imagen 13**).

Pero, ¿podríamos *comprimir* aún más la información de que disponemos? Todos conocemos la respuesta. Si pudiéramos encontrar una función matemática de dos variables que representase la curva de nuestra gráfica, dispondríamos de toda la información de una tabla de infinitas filas y estaría contenida en una simple ecuación. Esta ecuación nos es familiar a todos, es la fórmula de Snell:

$$n_1 \cdot \text{sen}(i) = n_2 \cdot \text{sen}(r)$$

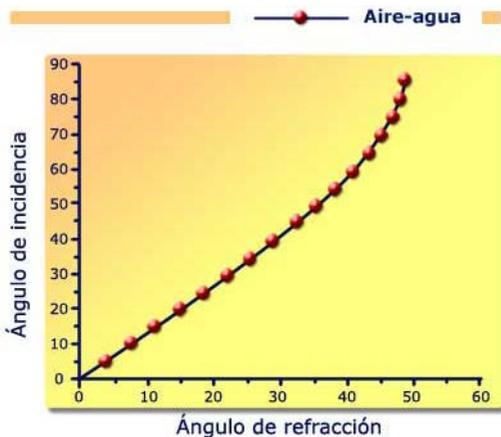


Imagen 13. Representación gráfica de los valores de los ángulos de incidencia y refracción.

i y r son los ángulos de incidencia y refracción de los que se calculan los valores de sus senos, y n_1 y n_2 dos parámetros, los índices de refracción, cuyos valores tienen que ver con las características físicas de ambos medios (aire y agua, en este caso).

Todos somos conscientes de la dificultad de *descubrir* la ley de la refracción. La empresa comenzó en el siglo II a. C., en Alejandría, cuando el astrónomo Claudio Ptolomeo elaboró tablas de valores de los dos ángulos involucrados en el proceso, pero no llegó a enunciar la ley. Descubrir una ley es, sin duda, una tarea difícil y no exenta de creatividad e inventiva. De hecho, la palabra que se emplea, descubrir, se deriva de la creencia enunciada por Leucipo de que *las leyes han sido establecidas por los dioses*, de manera que la naturaleza se comporte siempre conforme a sus deseos. Si buscamos en internet encontraremos opiniones a favor y en contra de la existencia de las leyes de la naturaleza; muchas personas están convencidas de que tienen una especie de existencia propia, siendo una de las labores del científico el descubrirlas. Otros autores prefieren pensar en las leyes como el resultado de un tratamiento apropiado de los resultados de las medidas, eliminando redundancias, concentrando la información contenida en la interminable lista de parejas de valores que hemos obtenido para los ángulos i y r a una sencilla ecuación matemática. Debemos dejar muy claro que en la fórmula correspondiente a la ley de Snell, i es el resultado de la medida del ángulo de incidencia y r es el resultado de la medida del ángulo de refracción, por lo cual la formulación de Snell de la ley de la refracción se realiza por medio de una **ecuación entre medidas**, estando incluidas en esta forma las leyes de conservación.

En realidad, el pensar que las leyes existen en la naturaleza y son descubiertas por las personas o el suponer que son solo una forma de almacenar información apropiada para la forma en que funciona la mente de los seres humanos (cuestión muy discutida, como puede comprobarse utilizando el buscador Google) es una cuestión que pertenece a la metafísica y, por ello, no tienen importancia práctica a la hora de hacer ciencia. Pero sí queremos poner de manifiesto que la búsqueda de regularidades en el comportamiento del mundo es un comportamiento innato en nuestra especie. Los niños, desde muy pequeños, almacenan la información de forma compacta formulando leyes. Una de las primeras que descubren es la permanencia de los objetos, es decir, que las cosas no desaparecen sin más. Por eso podemos jugar con ellos, incluso antes de que comiencen a andar, a esconder un objeto con la seguridad de que lo buscarán hasta dar con él.

Sea la que sea la naturaleza de las leyes, debemos saber que se pueden enunciar de manera muy diferente. En la ley de Snell es evidente que el modelo que utiliza, el de rayos, supone que la luz se transmite de forma instantánea y en línea recta, sin que en su **ontología** aparezca la velocidad de propagación. En cambio, Fermat utiliza

un modelo diferente de luz, constituida por partículas que se desplazan por el espacio con una velocidad distinta para cada medio y cuyo valor es proporcional al inverso del índice de refracción. Utilizando esta representación (o modelo) la ley de Fermat (que él llamó principio) establece que la luz cuando se propaga de un punto a otro sigue el camino por el cual el tiempo que tarda es mínimo (**Imagen 14**).

$SO/n_1 + OP/n_2$ es mínimo

Como no podría ser de otra manera, ambos enunciados, el de Snell y el de Fermat, conducen al mismo resultado, aunque el segundo contiene la semilla de la formulación de Feynman de la mecánica cuántica.

Si realizamos experimentos con otros líquidos transparentes veremos que la ley de Snell (o la de Fermat) se cumple en todos los casos y admitiremos que nuestra sencilla ley se cumple en el caso de cualquier sustancia transparente. Pero, si meditamos un poco sobre el proceso mental seguido, veremos que hemos extendido los resultados obtenidos a partir de unos pocos casos a los innumerables materiales transparentes que puedan existir en un proceso de generalización con poca base. Es así la forma en la que trabaja la mente humana, en general con buenos resultados, pero debemos estar siempre preparados para encontrar (e incluso buscar) situaciones en las que no se cumplen nuestras leyes, enunciadas tan alegremente.

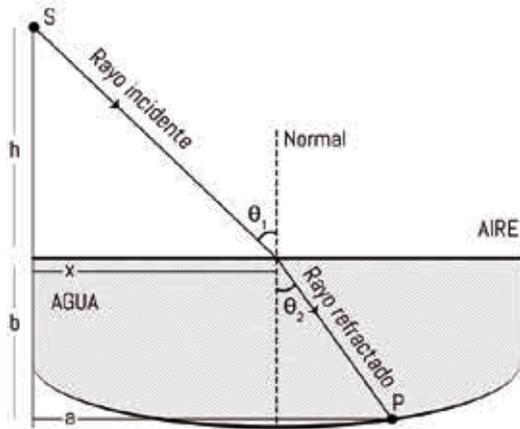


Imagen 14. Esquema que incluye la ontología del fenómeno de la refracción de la luz entre el aire y el agua, según la ontología que usa Fermat.

Para terminar con el apartado de las leyes diremos que la representación mental funciona de una manera semejante a una construcción matemática, cuyo prototipo es la geometría de Euclides. Una vez elaborado el modelo, con sus magnitudes y procesos de observación y medida que lo relacionan con el mundo real, colocamos las leyes de la naturaleza en el papel de los postulados matemáticos y procedemos con la misma lógica deductiva con que lo haríamos en matemáticas.

Qué es una teoría

Supongamos que queremos investigar la disminución del volumen de los gases cuando se comprimen. Este proceso lo estudió Robert Boyle (**Imagen 16**) cuando tenía algo más de treinta años, publicando sus resultados en una obra titulada *Sobre la Elasticidad del Aire*.

La ontología de la representación es muy simple, puesto que solo intervienen los conceptos de gas, volumen y presión. Si se desea se puede incluir el concepto de temperatura, ya que esta debe permanecer constante para la ley de Boyle se cumpla, como puntualizó Edme Mariotte unos años más tarde. Para estudiar este proceso procederemos, como siempre, a realizar experimentos en los que podamos modificar cualquiera de las dos variables que intervienen. Para ello podemos utilizar una jeringuilla con el cuerpo graduado en centímetros cúbico y con émbolo, unida a un manómetro que indique la presión de su interior en atmósferas. Procedemos a modificar el volumen comprimiendo o expandiendo el volumen la jeringuilla y anotando la presión para cada valor del volumen. Obtenemos así, como en el experimento de la refracción, pares de valores que indican la presión del gas para cada posición del émbolo. El resultado es siempre similar al siguiente (**Tabla 1**):



Imagen 16. Retrato de Boyle. Fuente: commons.wikimedia.org.

V (cc)	P (atm)
1	1
2	0.5
3	0.33
4	0.25

Tabla 1. Pares de valores de volumen y presión en un gas confinado en una jeringuilla.

Enseguida nos daremos cuenta de que la información de la tabla se puede reducir a una simple ecuación:

$$P \cdot V = \text{constante}$$

Tenemos pues la representación de una parte del mundo (los gases) y la ley que nos permite predecir los resultados de cualquier proceso que corresponda al modelo que hemos descrito.

Inmediatamente los científicos se interesaron por la naturaleza de los gases, cuya naturaleza era desconocida. En realidad, se sabían algunas cosas; el hielo pasaba a agua líquida cuando se calentaba y si se aumentaba aún más su temperatura terminaba por pasar a vapor de agua, en un proceso que podía invertirse con solo disminuir la temperatura. Por esa razón el hielo, el agua y el vapor debían estar hechos de la misma sustancia. Como es lógico, era un caso muy apropiado para recuperar las ideas atomistas de Leucipo y Demócrito, que hacia el siglo IV a. C. postularon la existencia de los átomos, partículas indestructibles y características de cada sustancia.

Así pues, si admitimos que los tres estados del agua están constituidos por el mismo tipo de partículas hemos introducido una modificación en nuestro modelo, que representa los gases como formados por moléculas (en lenguaje moderno) que no se modifican en los cambios de estado. En los sólidos las moléculas estarían rígidamente unidas una a otras conservándose el volumen y la forma; en los líquidos podrían deslizarse unas sobre otras, pero manteniéndose en contacto entre sí, permaneciendo fijo el volumen y adoptando la forma del recipiente que los contiene; en estado gaseoso, en cambio, las moléculas se moverían libremente por todo el espacio disponible.

Esta afirmación (por lógica y razonable que parezca), era imposible de demostrar en el siglo XVII, pero explicaba la reversibilidad de los cambios de estado. Una hipótesis de este tipo constituye una teoría.

Medio siglo después, hacia 1740, Daniel Bernoulli perfeccionó la teoría suponiendo que las moléculas de un gas eran tan pequeñas que resultaban invisibles para el ojo humano, estaban animadas de una enorme velocidad y se comportaban como pelotas perfectamente elásticas²⁸. Cuando chocaban con las paredes del recipiente ejercían una cierta fuerza sobre ella, de la misma manera que una pelota de tenis ejerce una fuerza sobre la raqueta cuando rebota en ella (**Imagen 17**).

Y esta fuerza era la responsable de la presión ejercida por el gas. Si disminuimos el volumen de la jeringuilla a la mitad, las moléculas chocarán contra las caras del cilindro dos veces más por unidad de tiempo que antes, aumentando su presión al doble. Lo importante es que de este modelo, complementado con las características de las moléculas, se deduce la ley de Boyle-Mariotte, una ley experimental, y esto hace del modelo y sus hipótesis, una auténtica teoría.

Para fijar ideas y mostrar que las teorías no solo aparecen en las ciencias duras, podemos citar el caso de la teoría de la gramática generativa de Noam Chomsky. El estudio del lenguaje hasta la revolución cognitiva había consistido en investigar la estructura de las lenguas y su evolución, pudiéndose decir que el objetivo era descubrir las leyes que existían en el lenguaje, de la misma manera que Boyle descubrió la ley que regía el comportamiento de los gases. Pero Chomsky modificó completamente la forma de enfocar el estudio, inventando un mecanismo por el que se generan las oraciones de la lengua, de la misma manera que Bernoulli ideó una teoría que conducía a la ley. Por eso, tanto la gramática de Chomsky como la cinética de Bernoulli son auténticas teorías.

¿En qué forma explica la ciencia los hechos que caen en su campo?

Este es también un campo de gran actividad tanto en ciencia como en la enseñanza de la misma. Si recurrimos a nuestra experiencia y nos preguntamos qué esperan los alumnos de la ciencia, llegaremos a la conclusión de que lo que esperan son teorías que coincidan con la verdad, posición que se identifica con el idealismo científico. Pero esta respuesta nos lleva directamente al campo de la metafísica, ya que nos obliga a definir de alguna forma lo que es la verdad y lo que no lo es, materia, cuando menos, delicada.

Si bien es cierto que las teorías, como la cinética de gases, la teoría atómica o el modelo estándar, al pasar el tiempo y desarrollarse instrumentos de observación más potentes suelen transformarse en simples modelos. Una vez que podemos

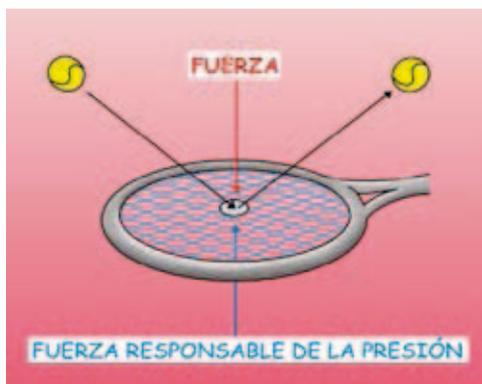


Imagen 17. Analogía entre la presión de una pelota de tenis en la raqueta y la presión de las moléculas de un gas en las paredes de un recipiente. Modificado de López Sancho et al. (2006).

observar las moléculas, medir sus masas y determinar sus velocidades, la teoría cinética deja de ser una teoría. Lo mismo pasa con la teoría atómica de Bohr del hidrógeno cuando descubrimos la existencia de protones, electrones y neutrones, medimos sus cargas y predecimos las líneas espectrales. Pero este no es siempre el caso. A veces nos vemos obligados a manejar, durante largos periodos de tiempo, dos teorías diferentes y a veces contradictorias (como ocurrió hasta mediados del siglo XX con las teorías corpuscular y ondulatoria de la luz), que se debían utilizar de acuerdo con el tipo de proceso que se tratase. Ambas eran ciertas y ambas eran falsas, dependiendo del experimento que se realizase²⁹.

Como, en estos casos, ambas teorías no podían ser verdaderas a la vez, se adoptan unas condiciones más prácticas y propias del empirismo científico para aceptar una teoría. Decimos que una teoría es correcta y admisible desde el punto de vista científico cuando las operaciones que se realizan en representación mental son isomorfas con los resultados de las observaciones en la parte del mundo real (**Imagen 18**).

Cada operación física llevada a cabo en el mundo real corresponde a una serie de operaciones o cálculos realizados en el modelo mental, y todo debe ocurrir de manera que los resultados obtenidos a ambos lados de la línea de demarcación que separa realidad y modelo coincidan. En ese caso, realidad y representación son isomorfas y se dice que la teoría explica la realidad.

En el caso en que se disponga de dos teorías que expliquen igualmente la realidad, se debe elegir la que sea más sencilla, criterio que se conoce como la navaja de Ockham (**Imagen 19**).

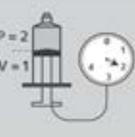
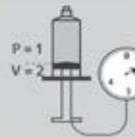
I S O M O R F I S M O	OPERACIONES MENTALES	$P \cdot V = cte$ $2 \cdot 1 = cte$	$P \cdot V = cte$ $1 \cdot 2 = 2$
	OPERACIONES EXPERIMENTALES	$P=2$ $V=1$ 	$P=1$ $V=2$ 

Imagen 18. Esquema que representa el isomorfismo entre las operaciones mentales y los resultados experimentales en el caso de la presión de un gas en una jeringuilla.



Imagen 19. Ilustración de Guillermo de Ockham. El CSIC en la Escuela.

No se debe pensar que esta postura, un tanto escéptica, garantiza mejores resultados en la investigación científica. Como ocurre con la postura idealista en el tema del descubrimiento o invención de las leyes, científicos idealistas y materialistas han contribuido igualmente al progreso científico.

La simbiosis entre la ciencia y la tecnología

En la definición del ser humano siempre aparece la capacidad de construir herramientas, vasijas, adornos, etc. que se conservan una vez construidos, transmitiendo a la siguiente generación el conocimiento necesario para elaborarlos. Esta característica de la especie se basa, necesariamente, en el conocimiento de los materiales y sus características, hasta tal punto que es tradicional caracterizar las sociedades por los materiales que emplean. Así, nos referimos al paleolítico, al neolítico, a la edad del bronce o la del hierro. Estos artefactos (como se definen en arqueología) siempre son utilizados para transformar el medio natural en el que nos movemos, en nuestro propio beneficio.

Podemos imaginarnos fácilmente la forma de investigar de los primeros seres humanos, movidos en primer término por la curiosidad, pero desarrollando sus actividades de forma muy bien organizada.

Apenas descubierto el fuego, probarían los distintos materiales de que disponían poniéndolos en contacto con la llama, clasificándolos en combustibles e incombustibles. Estos primeros los dividirían a su vez en los que producían una llama luminosa y los que desprendían gran cantidad de calor, utilizándolos para distintas aplicaciones. Así desarrollaron velas y antorchas, hogares y hornos.

El paso siguiente sería estudiar los cambios que el calor producía en los materiales no combustibles, descubriendo el tratamiento de alimentos, la cocción de vasijas de barro que dio lugar a la cerámica, el trabajo de los metales nativos o la obtención de algunos otros a partir de los minerales (sobre todo óxidos).

No debemos creer que esta forma de investigación (muy lejana del método científico de Bacon) sea propia de los orígenes de la ciencia. Cuando Onnes consiguió una temperatura tan baja como para licuar el helio (del orden de los 270° C bajo cero) hizo lo mismo que nuestros ancestros, someter todos los materiales a su alcance a esas bajas temperaturas, descubriendo así un fenómeno completamente nuevo e inesperado, la superconductividad. E igual ocurrió con el descubrimiento de las radiaciones nucleares, con los mutágenos y con cualquier medio de modificar las cosas. Esta forma de la curiosidad que conduce a la indagación (*inquiry*) apa-

rece en los seres humanos desde que apenas pueden interaccionar con los objetos que tienen cerca, por lo cual el método del descubrimiento siempre tiene éxito en las aulas de ciencia. Pero es importante dejar clara la diferencia entre ciencia e ingeniería, para que los alumnos vean las diferencias entre estas dos importantes actividades humanas.

Gordon L. Glegg describió la actividad de científicos e ingenieros diciendo que los primeros trabajan con cosas que existen en la realidad, descubriendo e inventando leyes y teorías que explican su funcionamiento. Los ingenieros, en cambio, inventan cosas que no existen en el mundo pero que podrían resultar útiles o interesantes, las construyen y las ofrecen a la sociedad. Meditemos sobre estas palabras utilizando nuestras representaciones.

Para ello, nos situamos de nuevo en la figura que muestra nuestra representación del mundo en la zona superior y la parte del mundo representado en la zona inferior. El objetivo de la ciencia es, como hemos dicho, elaborar una construcción mental en la que se encuentren representados los objetos que forman el mundo y las leyes a las que obedecen. Todo, en nuestra representación, corresponde a cosas que existen en el mundo real.

El caso de la ingeniería es, justamente, el contrario. En el espacio mental de las representaciones el ingeniero concibe la idea de, por ejemplo, un telescopio. Utilizando los conocimientos científicos desarrolla la idea y, si es posible, la construye, apareciendo en el mundo una cosa que antes no existía. Los microscopios, las máquinas de vapor, los motores eléctricos, los relojes mecánicos, los edificios, los coches, los aviones, el dinero, los ordenadores, los teléfonos móviles y una interminable lista de inventos que antes no existían y que son debidos a la creatividad de los seres humanos.

Steve Jobs decía que la ingeniería no consiste en preguntar a la sociedad qué nuevo aparato desea, ya que no posee ni la imaginación ni los conocimientos necesarios para contestar. El verdadero innovador es el que proporciona un nuevo aparato o instrumento sin el cual, una vez conocido, no van a poder vivir. Ambas tareas forman la investigación y desarrollo (*Research & Development*), que en la actualidad se han convertido en casi el único parámetro que permite crecer a la economía.

La visión de la enseñanza como una forma de gestión de conocimiento

La gestión del conocimiento (*Knowledge Management, KM*) constituye en la actualidad un campo de investigación y de actividad empresarial. Comenzó hacia 1990 y Davenport³⁰ lo define como el proceso de capturar, distribuir y utilizar eficientemente el conocimiento.

Consideramos muy importante que los maestros de las primeras etapas conozcan el concepto de conocimiento que han desarrollado los científicos de este campo de investigación, el KM.

Este enfoque apareció cuando se planteó el problema de transferir el conocimiento que constituía la riqueza científica y técnica de una empresa a los nuevos empleados. Una parte de ese conocimiento aparecía en los informes, manuales de instrucciones y otros documentos que se encontraban en forma física o digital a disposición del personal de la empresa. Pero, como es evidente, leyendo estos informes los nuevos empleados no conseguían la destreza necesaria para desempeñar bien su cometido. Esto condujo a un análisis de los diferentes tipos de conocimientos que existían, llegando a la conclusión de que había un tipo de conocimiento, el que se encontraba en la cabeza de los empleados, que resultaba difícil de transferir entre personas³¹.

Tras un análisis cuya lectura resulta muy interesante³², se clasificaron los conocimientos en dos tipos: explícitos y tácitos. Los primeros son los que se pueden reflejar fácilmente en forma de libros de texto, manuales e informes, y los segundos son los que, como hemos dicho, se encuentran en la mente de los que los poseen, a veces sin que ellos mismos puedan explicarlos.

En la historia de la humanidad los conocimientos explícitos de todo tipo (entre los que se encuentran los científicos) han pasado de una generación a otra por medio de discursos orales aprendidos de memoria, luego sustituidos por textos trabajosamente copiados a mano, más tarde en forma impresa y muy recientemente en forma digital, ampliándose también la facilidad de acceder a estos conocimientos. Pero de forma paralela se transmitieron también los conocimientos tácitos, solo existentes en los obreros, arquitectos, matemáticos, médicos, ingenieros, etc., que los poseían. Y así ocurrió salvo, probablemente, en alguna época oscura de la Edad Media en la que solo los escritos se conservaron, lo que llevó un importante trabajo de redescubrimiento e interpretación que dio lugar, finalmente, al Renacimiento.

Esta cadena de transmisión de conocimientos implícitos, de persona a persona, no debe ni puede romperse ya que, como es evidente, forma la parte más importante del conocimiento.

Nosotros pensamos que la enseñanza, como empresa de transferir conocimientos de unas generaciones a las siguientes, tiene una vertiente que debe abordarse desde el punto de vista de la gestión del conocimiento. Y como son los docentes los encargados de formar a los alumnos es fundamental que cuenten con la mejor formación posible. Si vemos el *ranking* de universidades nos daremos cuenta que las consideradas mejores son las que cuentan con mejores profesores, entre los cuales se cuentan a veces premios Nobel y autores de prestigio.

Como es evidente, este enfoque del aprendizaje tiene mucho que ver con la forma en que se consigue ser experto³³ en cualquier materia no elemental, y que ya tratamos en otro lugar³⁴.

La alfabetización científica y la inclusión de la NOS en la enseñanza de las primeras etapas

En la segunda mitad del siglo XX comienza a aparecer, de manera reiterada, el término alfabetización científica³⁵ (*Scientific Literacy, SL*) concretamente en 1958, definiéndose como el conjunto de conocimientos que debería poseer un ciudadano para considerarse científicamente alfabetizado. En nuestra opinión, el concepto nunca estuvo bien definido y así lo manifestó Bybee en su trabajo de 1997, en el que se refiere a él como un eslogan útil únicamente para expresar la importancia de la enseñanza de la ciencia³⁶.

Para entender mejor el desarrollo que ha sufrido el término de alfabetización científica, describiremos a grandes rasgos la historia y los cambios que ha ido sufriendo.

Hasta 1957 (fecha del lanzamiento del Sputnik) tiene lugar lo que podríamos llamar la época romántica. Gracias a la influencia de investigadores tan importantes como Thomas Huxley, Charles Lyell, Michael Faraday o John Tindall la enseñanza de la ciencia se introdujo en los programas oficiales de enseñanza³⁷. Los argumentos para ello basculaban en torno a su utilidad (que muchos tildaban de materialista), por un lado, y a las razones más románticas de la belleza que encierra en sí misma, la importancia de su ejercicio para la formación de la juventud y el desarrollo de la independencia de pensamiento y del pensamiento crítico.

En 1893, un informe de la National Education Association (NEA) expresa el papel de la formación científica diciendo que proporciona al alumno la capacidad de realizar por sí mismo un sinfín de tareas que no podría realizar sin esa formación (*to give the pupil the power of doing himself an endless variety of things which, uneducated, he could not do*)³⁸.

Una vez pasada la Primera Guerra Mundial y como resultado de la demanda de las empresas, las asociaciones de profesores comenzaron a dar más peso a la ciencia como base del desarrollo industrial, económico y social. Esta forma de pensar se fue reforzando hasta el punto de que, tras la Segunda Guerra Mundial, incluso cuestiones como la seguridad nacional transformaron el papel idealista de la ciencia que hasta entonces había predominado.

Pero, tras la Segunda Guerra Mundial, pronto apareció la Guerra Fría, término introducido por George Orwell en una de sus conferencias. Esta situación de confrontación ideológica, económica y militar entre los dos grandes bloques, tuvo una enorme influencia en la sociedad, cuyas implicaciones se reflejan en las novelas de Orwell *Rebelión en la Granja* (1945) y *1984* (1949, en la que aparece el concepto de Gran Hermano).

Así, nos acercamos a la fecha de 1957 con un mundo sumido en la Guerra Fría, todavía asombrado por los descubrimientos científicos y desarrollos tecnológicos directamente relacionados con la guerra, con un bloque occidental seguro de su superioridad en todos los terrenos. Entre otras cosas, esta confianza en la superioridad del mundo occidental se reflejaba en la certeza que el sistema de enseñanza en vigor a este lado del telón de acero era el idóneo y no convenía, en ningún modo, modificarlo.

1957, lanzamiento del Sputnik

El 4 de octubre de 1957, ante el asombro de todo el mundo, la Unión Soviética pone en órbita el primer satélite artificial de la historia. Este hecho provocó (sobre todo en los Estados Unidos) un tremendo *shock*, fulminando la sensación de seguridad y superioridad científica y técnica⁴.

Desde la construcción de la bomba atómica (que Estados Unidos poseía en exclusividad desde agosto de 1945 hasta el mismo mes de 1949), era de dominio público que su efectividad estaba condicionada a poder lanzarla por medio de un cohete en vuelo estratosférico, en órbita durante una parte de su trayectoria. Por esa razón el lanzamiento del Sputnik constituyó una seria amenaza que había que neutralizar

(Imagen 20). Para ello, se debían poner en marcha una serie de programas de investigación y desarrollo de un elevadísimo costo (solo la NASA consumió en torno al 3% del PIB hasta 1968).

Pero en un país democrático, como era el caso, la elaboración de los presupuestos del Estado debe contar necesariamente con el apoyo de los ciudadanos, sobre todo, si se requiere un gran esfuerzo durante un periodo continuado de al menos quince años. Y no era, ni mucho menos, evidente que los votantes comprendieran la necesidad de este enorme gasto. Además, muchos colectivos veían la ciencia más como una fuente de peligros que como la solución a los problemas del mundo, para lo cual no les sobraban razones, tras las dos guerras mundiales.



Imagen 20. Ilustración de la puesta en órbita del Sputnik. Modificado de Lopez Sancho (2003).

Así pues, a la vez que se preparaban los programas de investigación y desarrollo (en los que se involucró el equipo de Von Braun, creador de las famosas V-2 alemanas) se propiciaron movimientos de todo tipo (oficiales, de lobbies empresariales, de asociaciones para la enseñanza de la ciencia y de investigadores, todos interesados en un aumento de fondos para la investigación y la enseñanza), que apoyasen los nuevos proyectos. Y, como uno de los principales objetivos de este despliegue de medios sociales era conseguir el apoyo ciudadano a largo plazo para este tipo de programas nacionales, apareció la necesidad de lo que se llamó alfabetización científica, que trataremos a continuación.

Como resultado de la inmediata movilización de los medios de comunicación, en el siguiente año al lanzamiento del Sputnik aparece en la comunidad científica el término de *Scientific Literacy* concepto que era a la vez el nombre de un nuevo campo de actividad académica, un nuevo objetivo para la divulgación en los medios de comunicación, una profesión emergente y, además, una actividad susceptible de aparecer dignamente en los presupuestos.

Además, en una sociedad democrática basada cada vez más en nuevas tecnologías (cultivos de transgénicos, clonación de animales, elección de los tipos de energías que se deben utilizar, etc.) es fundamental que los ciudadanos conozcan sus implicaciones, de manera que puedan pronunciarse sobre los programas políticos que se les ofrezcan.

Como es habitual en cualquier cambio social dirigido desde el Estado, el interés principal se centró en la enseñanza de las primeras etapas (K-12) y, consecuentemente, en la formación de sus profesores y en la investigación en los correspondientes modelos y métodos de enseñanza.

Tras una serie de estudios que ahora se han convertido en clásicos resultó evidente que la confrontación de los dos sistemas políticos iba a acelerar el desarrollo de la sociedad⁴. Consecuentemente era necesario desarrollar un sistema de enseñanza que preparase a las nuevas generaciones de científicos, matemáticos, ingenieros y obreros especializados para una vida profesional en continuo cambio (en lo que conocimientos, materiales y procesos se refiere), a la vez que debía transformarse la sociedad de manera que los ciudadanos entendieran que la historia se iba a convertir en una empresa científica.

La etapa siguiente la podemos considerar como el periodo de los conocimientos de referencia, una larga etapa en la que la idea de *SL* se materializó en largas listas de conocimientos de referencia que era necesario poseer para considerarse alfabetizado, diferentes para cada disciplina, y cuyo fracaso es ahora evidente (los famosos *benchmarks*)³⁹.

En 1993, como relata Alice Bell, Durant⁴⁰ apuntó la posibilidad de que la expresión *SL* era demasiado confusa para ser de utilidad, tanto en enseñanza como en su aplicación a los ciudadanos y redefinió el concepto desdoblándolo en tres niveles:

- 1. Tener conocimientos de ciencia**, que corresponde a tener conocimientos de biología de un *A-level* (correspondiente, más o menos, al bachillerato español) o, simplemente, conocer las leyes de la termodinámica, lo que es tensión superficial o que la Tierra gira en torno al Sol. Este nivel de alfabetización científica está poco definido y es imposible de cuantificar.
- 2. Conocer cómo funciona la ciencia** (*knowing how science works*), que corresponde a tener, además, algún conocimiento del llamado método científico de Bacon, los trabajos de Popper o Lakatos.
- 3. Conocer cómo la ciencia funciona en realidad** (*knowing how science really works*). Este nivel corresponde a lo que ahora se llama Naturaleza de la Ciencia (NOS, en sus siglas inglesas) y que será motivo del próximo apartado.

Así, al acercarse el siglo XX se hizo evidente el fracaso de las políticas de alfabetización científica, tanto en la enseñanza como en los medios de comunicación⁴¹. Se necesitaba un cambio de estrategia asociado a una nueva definición de *SL*. Y para

todo ello era necesario investigar, sobre todo, en la naturaleza del conocimiento en general y del conocimiento científico en particular, y en la forma en que se implementa en la mente de las personas para así poder organizarlo, almacenarlo y transmitirlo de la manera más eficiente.

Esta nueva forma de enfocar la enseñanza requeriría un mayor esfuerzo de los ciudadanos, que debían someterse a un proceso de formación continua. Esta tarea necesitaba, a su vez, de una actitud de entrega al trabajo que iba a ser acogida de manera muy desigual en las diferentes comunidades sociales e incluso en distintos países (con diversas raíces históricas), tradicionalmente preparados de formas muy diferentes frente a la cultura del esfuerzo. De nuevo aparece la relación entre cultura social y capacidad de adecuarse a los tiempos, que ha marcado el desarrollo de las naciones desde la primera revolución científica.

La inclusión del estudio de la Naturaleza de la Ciencia en el concepto de alfabetización científica

Como hemos dicho, uno de los cambios que ha traído este siglo en enseñanza, es la necesidad de concretar lo que se entiende por alfabetización científica. El cambio de estrategia puede verse a partir de los *benchmarks*⁴² que definían los requerimientos de la alfabetización científica y los reflejados en *National Science Education*, que dejaban claro la indefinición del término. Si se añade a esto la publicación de estándares por la mayoría de países desarrollados nos podemos hacer idea del estado de confusión reinante a finales del siglo pasado, tras cincuenta años de uso del término *Scientific Literacy*.

En la última década y a partir de las investigaciones en enseñanza de la ciencia, comenzaron a aparecer en las publicaciones de organismos nacionales las primeras alusiones a la Naturaleza de la Ciencia. Así el *National Research Council* publicó en 1996 las nuevas *National Science Education Standards*, en las que se incluían la Historia y la Naturaleza de la Ciencia como uno de los ocho puntos que debían incluirse en la enseñanza en el periodo K-12⁴³.

Esta tendencia fue creciendo, de tal manera que en la última década la enseñanza de la NOS aparece en todos los documentos que tratan de la enseñanza de la ciencia a cualquier edad⁴⁴.

Es fundamental aclarar, en primer lugar, que debemos distinguir entre los *contenidos científicos y la Naturaleza de la Ciencia*, como dos conceptos diferentes. Los contenidos científicos son los que aparecen en las materias que se estudian normalmente en forma de asignaturas tradicionales: mecánica, termodinámica, paleontología, arqueología, geografía, química orgánica, etc. El conjunto de estos contenidos científicos constituyen, en la forma en la que se encuentran en los textos, el conocimiento científico en forma explícita. Por su parte, la Naturaleza de la Ciencia constituye un conocimiento de nivel superior; estudia la forma en la que se construye la ciencia, cómo se generan los conocimientos científicos, cómo van sustituyéndose unos por otros y la forma en la que se estructuran en datos, modelos, leyes y teorías. Podríamos decir que entre los contenidos científicos y la Naturaleza de la Ciencia existe una relación semejante a la que aparece entre el conocimiento de un idioma y la Lingüística, que trata a las diferentes lenguas, sus estructuras gramaticales, las relaciones entre ellas y las transformaciones que sufren como objeto de su estudio.

La manera más general de definir la ciencia es como una manera de entender el mundo. Esta definición comprende, en realidad, tres niveles bien diferenciados, que corresponden a los propuestos por Durant en el trabajo citado⁴⁰.

- 1.** El que se refiere al conjunto de conocimientos acumulados a través de la historia (comúnmente conocidos como *contenidos*).
- 2.** El que describe la forma en la que trabajan los científicos (hasta hace poco erróneamente llamado *método científico*).
- 3.** El que estudia la estructura y características que toman esos contenidos y que hemos descrito al tratar de las representaciones del conocimiento. El conjunto de los tres niveles es lo que, en la actualidad, se define como la Naturaleza de la Ciencia.

Aunque la definición de la NOS hereda de la SL el defecto de estar definida de forma poco precisa; en este caso es debido a que constituye un campo de investigación de gran actividad y en constante revisión, en el que toman parte igualmente los científicos y los profesores (principalmente los de las primeras etapas).

Uno de los puntos más importantes de la NOS es el abandono de la idea del método científico. Se debe dejar bien claro a los alumnos que no existe ninguna receta que garantice la infalibilidad del conocimiento. Cualquier procedimiento que lleve a

la enunciación de leyes e idear teorías cuyas predicciones coincidan con las observaciones y permitan predecir resultados experimentales, debe considerarse válida en el proceso de hacer ciencia^{45, 46, 47}.

Está claro que para entender la NOS debemos poseer algunos conocimientos de contenidos científicos, de manera que podamos saber de lo que estamos hablando, pero estos conocimientos deben ser determinados por el profesor de acuerdo con la edad de sus alumnos y la situación cultural de los mismos. Además, debemos enseñar a los niños la forma en que los científicos construyen la ciencia (observando, recogiendo información, descubriendo leyes e inventando teorías), para lo cual sus maestros tienen que preparar actividades que les conduzcan por el camino del descubrimiento, lo que depende también de las condiciones particulares de cada aula. Finalmente, dependiendo de los dos pasos anteriores, los alumnos han de darse cuenta de cómo están estructurados los conocimientos científicos, distinguiendo representaciones, leyes, modelos y teorías. También deben comprender, de acuerdo con su edad, que estas estructuras son una especie de herramienta mental que debe mejorarse cuando se puede, e, incluso, puede darse el caso de disponer simultáneamente de dos, pudiendo elegir en cada caso la más conveniente (como vimos en el caso de la luz: corpúsculo/onda).

La inclusión de la Naturaleza de la Ciencia en la formación científica se está demostrando muy útil como herramienta vigostkyana en el aprendizaje de contenidos científicos^{48, 49, 50}.

Una de las dificultades con la que ha chocado la introducción de la NOS en las primeras etapas educativas es, como es habitual, la resistencia de sus profesores, que dudan de la que los niños tengan la capacidad necesaria para entender el nivel de abstracción que se requiere⁵¹. Pero cuando se pueden elaborar conceptos como el la propiedad privada, la autoridad, lo que es justo y lo que es injusto, el cariño, la envidia o el odio, aprender ciencia es una tarea sencilla, como lo demuestran los resultados de las investigaciones más recientes, perfectamente contrastadas^{52, 53, 54, 55}.

Estas investigaciones indican que incluso desde el nivel preescolar, los niños son capaces de entender las características generales de la construcción de conocimientos del medio en el que viven⁵⁶, la diferencia entre magia y ciencia, etc. La capacidad de aprender y comprender que presentan los niños desde edades muy tempranas continúa asombrando a maestros y psicólogos. Cada vez estamos más convencidos de la reflexión que hizo Einstein refiriéndose a la famosa frase de

Huxley, a propósito de la teoría de la evolución: no importa lo difícil que sea un concepto o lo complicado que resulte una teoría, si se explica bien, cualquier persona puede entenderlo e incluso llegar a pensar, ¡cómo no se me habrá ocurrido a mí!

Después de un periodo de formación apropiado en este campo, llegan a la conclusión de que prácticamente la mitad de los profesores de K-4 creen que sus alumnos están preparados para entender las bases fundamentales de la NOS, exceptuando las relaciones entre ciencia y tecnología y las distinciones entre leyes y teorías. Además, el 90 % de estos profesores de K-4 defienden que los alumnos de estos niveles pueden entender los conceptos de inferencia, conocimiento empírico o naturaleza creativa de la ciencia.

Pero para llegar a estas metas es fundamental contar con profesores bien formados. Por ello, es fundamental ayudar a los maestros a adquirir los conocimientos apropiados para despertar y aprovechar las capacidades de los alumnos en estas primeras etapas.

Glosario de palabras y acrónimos

NOS: del inglés Nature of Science. Naturaleza de la Ciencia.

vNOS: del inglés View of Nature of Science. Visión de la Naturaleza de la Ciencia.

Benchmark: referencia.

SL: del inglés Scientific literacy. Alfabetización Científica.

ADN: ácido desoxirribonucleico.

BIT: del inglés Binary Digit.

K-12, K-2, etc.: nomenclatura utilizada en los países anglosajones para determinar el grado de escolarización. K alude a *Kindergarten* (Educación Infantil) y el número que acompaña indica los años que hay que sumar al final del ciclo infantil. Por ejemplo, K-12 se refiere a jóvenes de 17 o 18 años [5 o 6 años de Educación Infantil más 12] que estarían, en España, en la Educación Secundaria. Otro ejemplo K-2, alude a alumnos de Educación Primaria de unos 8 años.

Referencias bibliográficas

1. DESCARTES, R. *Discurso del método*. FGS. Madrid. 2010. [En línea]: <<http://www.posgrado.unam.mx/musica/lecturas/LecturaIntroduccionInvestigacionMusical/epistemologia/Descartes-Discurso-Del-Metodo.pdf>> [consulta: agosto 2016].
2. PIAGET, J. *La Epistemología Genética*. Debate. Madrid. 1986.
3. KUHN, T. S. *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de cultura Económica. México, 2004.
4. LÓPEZ SANCHO, J. M.º *La Naturaleza del conocimiento. Clave para entender el proceso de aprendizaje*. CCS. Madrid. 2003. [En línea]: <<http://digital.csic.es/handle/10261/85818>>.
5. DESCARTES, R. *Meditaciones Metafísicas con objeciones y respuestas*. Gredos. Madrid. 1997.
6. SAUSSURE, F. *Curso de Lingüística General*. Akal. Madrid. 1991.
7. WITTGENSTEIN, L. *Tractatus Logico-Philosophicus*. Alianza. Madrid. 2004.
8. SHANNON, C. E. *A Mathematical Theory of Communication*. The Bell System Technical Journal. Vol 27. 1948.
9. KAY, P. & KEMPTON, W. *What Is the Sapir-Whorf Hypothesis?* American Anthropologist, 86: 65–79. 1984.
10. CHOMSKY, N. *Estructuras Sintácticas*. Siglo XXI. México. 2004.
11. DOVER, G. *Querido señor Darwin: cartas sobre la evolución de la vida y de la naturaleza humana*. Siglo XXI. México. 2003.
12. TURING, A. M. *On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem*. Proc. London Maths. Soc. (Series 2), 42: 230–265. 1936. [En línea]: <<http://www.abelard.org/turpap2/tp2-ie.asp>>.
13. GARDNER, H. *La nueva ciencia de la mente: historia de la revolución cognitiva*. Paidós. 2004.
14. MILLER, G. A. *The cognitive revolution: a historical perspective*. Trends in Cognitive Sciences Vol. 7. No. 3. Elsevier Science. 2003.
15. NEWMAN, M. E. *Modularity and community structure in networks*. Proceedings of the national academy of sciences, 103(23), 8577-8582. 2006.
16. *John McCarthy (computer scientist)*. Wikipedia. [En línea]: <[https://en.wikipedia.org/wiki/John_McCarthy_\(computer_scientist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/John_McCarthy_(computer_scientist))> [consulta: agosto 2016].
17. *Conditional (computer programming)*. Wikipedia. [En línea]: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Conditional_\(computer_programming\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Conditional_(computer_programming))> [consulta: agosto 2016].
18. BOOLE, G. *Una investigación sobre las leyes del pensamiento*. Thomson Paraninfo. 1982.
19. VON NEUMANN, J. *The computer and the brain*. Yale University Press. 1958.
20. PLATÓN. MENÓN. PLATÓN, Obras Completas. Patricio Azcárate. Madrid. 1871. [En línea]: <<http://www.filosofia.org/cla/pla/img/azf04275.pdf>> [consulta: agosto 2016].
21. SCALTSAS, T. *Substances and Universals in Aristotle's Metaphysics*. Cornell University Press. 2010.
22. GÓMEZ DÍAZ, M.º J. y López Sancho, J. M.º *El pensamiento divergente en el esquema de construcción de conocimiento de Piaget*. Serie El CSIC en la Escuela Nº 9. 59-76. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 2013. [En línea]: <<http://digital.csic.es/handle/10261/76185>>.
23. LÓPEZ SANCHO, J. M.º *Platón, Piaget, Kuhn y el conocimiento científico*. Conferencia en la Residencia de Estudiantes del CSIC. 2015. [En línea]: <<http://digital.csic.es/handle/10261/109764>>.

24. *The Differences Between Data, Information and Knowledge*. Infogineering.net. [En línea]: <<http://www.infogineering.net/data-information-knowledge.htm>> [consulta: agosto 2016].
25. VYGOTSKY, L. *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Crítica. Barcelona. 1979.
26. NOVAK, J. D. *Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. Journal of e-Learning and Knowledge Society. 6, 3, 21-30. 2010.
27. AUSUBEL, D. *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. Grune & Stratton. New York. 1963.
28. LÓPEZ SANCHO, J. M.^a; GÓMEZ DÍAZ, M.^a J.; LÓPEZ ÁLVAREZ, J. M.^a; REFOLIO REFOLIO, M.^a C.; CORTADA CORTÉS, M; MARTÍNEZ GONZÁLEZ, R.; GARCÍA GARCÍA, I. *Descubriendo las moléculas: un proyecto para el aula*. Material didáctico para profesores de Educación Infantil y Primaria. Comunidad de Madrid. 2006. [En línea]: <<http://digital.csic.es/handle/10261/85765>>.
29. MORENO GÓMEZ, E.; LÓPEZ SANCHO, J. M.^a; REFOLIO REFOLIO, M.^a C. *La estructura de las revoluciones científicas y el caso especial de la óptica*. Serie El CSIC en la Escuela, n.º 9. 37-58. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 2013. [En línea]: <<http://digital.csic.es/handle/10261/76180>>.
30. DAVENPORT, T. H. *Saving Its Soul: Human Centered Information Management*. Harvard Business Review. 72. (2). 1994.
31. DUHON, B. *It's All in our Heads*. Inform. September, 12 (8). 1998.
32. NONAKA, I. & TAKEUCHI, H. *The knowledge creating company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press. New York. 1995.
33. DREYFUS, S. E. *The Five-Stage Model of Adult Skill Acquisition*. Bulletin of Science Technology & Society. 24: 177. 2004. [DOI: 10.1177/0270467604264992]
34. GÓMEZ DÍAZ, M.^a J.; LÓPEZ SANCHO, J. M.^a; MORENO GÓMEZ, E. *Aprendizaje de la ciencia, metamodelos y metacognición*. Serie El CSIC en la Escuela, n.º 13, 7-30. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 2015. [En línea]: <<http://digital.csic.es/handle/10261/112447>>.
35. HURD, P. *Science literacy: Its meaning for American schools*. Educational Leadership, 16, 13-16, 52. 1958.
36. BYBEE, R. *Toward an understanding of scientific literacy*. In W. Graber & C. Bolte (eds.). *Scientific literacy* pp. 37-68. Institute for Science Education. Kiel. 1997.
37. DEBOER, G. E. *A history of ideas in science education: Implications for practice*. Teachers College Press. New York. 1991.
38. *Report of the committee on secondary school studies*. National Education Association Washington, D.C. U.S. Government Printing Office. 1893. [En línea]: <<https://archive.org/details/reportofcomtens-00natirich>> [consulta: agosto 2016].
39. BELL, A. *The myth of Scientific Literacy*. [En línea]: <<http://doctoralicebell.blogspot.com.es/2010/08/myth-of-scientific-literacy.html>> [consulta: agosto 2016].
40. DURANT, J. *What is scientific literacy?* In Jon Durant and Jane Gregory (eds.). *Science and Culture in Europe*. Science Museum: London. 1993.
41. BAUER, M.; NICK A; STEVE M. *What can we learn from 25 years of PUS survey research? Liberating and expanding the agenda*. Public Understanding of Science, vol. 16(1): 76-95. 2007. [hal-00571116]
42. American Association for the Advancement of Science. *Benchmarks for scientific literacy*. Oxford University Press. Oxford, UK. 1993.

43. National Research Council. *National science education standards*. National Academy Press. Washington, D.C. 1996.
44. NGSS Lead States. *Next Generation Science Standards*. The National Academies Press. 2013. [En línea]: <<https://www.nap.edu/read/18290/chapter/1>>.
45. FEYERABEND, P. *Tratado contra el método*. Esquema de una teoría anarquista del conocimiento. Tecnos. 1986.
46. BAUER, H. H. *Scientific literacy and the myth of the scientific method*. University of Illinois Press. Champaign, IL. 1994.
47. SHAPIN, S. *The scientific revolution*. University of Chicago Press. Chicago. 1996.
48. DRIVER, R.; LEACH, J.; MILLER; SCOTT, P. *Young people's images of science*. Open University Press. Bristol, PA. 1996.
49. MCCOMAS, W. F. *The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths of science*. In W. F. McComas (ed.), *Nature of science in science education: Rationales and strategies* pp. 53-70. Kluwer (Springer) Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands. 1998.
50. MCCOMAS, W. F.; CLOUGH, M. P.; ALMAZROA, H. *The role and character of the nature of science in science education*. In W. F. McComas (ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* pp. 3-39. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, the Netherlands. 1998.
51. METZ, K. *Reassessment of developmental constraints on children's science instruction*. *Review of Educational Research*, 65, 93-127. 1995.
52. AKERSON, V. L.; BUCK, G. A.; DONNELLY, L. A.; NARGUND-JOSHI, V.; WEILAND, I. S. *The importance of teaching and learning nature of science in the early childhood years*. *The Journal of Science Education and Technology*, 20(5), 537-549. 2011.
53. AKERSON, V. & DONNELLY, L. A. *Teaching nature of science to K-2 students: What understandings can they attain?* *International Journal of Science Education*, 32(1), 97-124. 2010.
54. AKERSON, V. L.; HANSON, D. L.; CULLEN, T. A. *The influence of guided inquiry and explicit instruction on K-6 teachers' views of nature of science*. *Journal of Science Teacher Education*, 18(5), 751-772. 2007.
55. LEDERMAN, J. S. & LEDERMAN, N. G. *Early elementary students' and teachers understandings of nature of science and scientific inquiry: Lessons learned from Project ICAN*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), Vancouver, British Columbia. 2004.
56. SWEENEY, S. J. *Factors affecting early elementary (K-4) teachers' introduction of the nature of science: A national survey*. (Unpublished PhD). University of Arkansas, Fayetteville, AR. 2010.

Lecturas recomendadas

- ABELL, S. *The pedagogical implications of Parallels between Kuhn's Philosophy of Science and Piaget's Model of Cognitive Development*. In Buffalo State. 2012. BACON, F. *Novum Organum*. Buenos Aires: Losada. 2004.
- CONCARI, S. B. *Las Teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias*. *Ciência & Educação*. Vol. 7. n.º 1. 85-94. 2001.
- DEBOER, G. E. *Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to Science Education Reform*. *Journal of Research in Science teaching*. Vol 37. n.º 6: 582-601. 2000.

GLEGG, G. L. *The design of design*. London, Cambridge U.P. 1969.

HOLBROOK, J. & RANNIKMAE, M. *The Meaning of Scientific Literacy. Special Issue on Scientific Literacy. International Journal of Environmental & Science Education*. Vol. 4. N.º 3. 275-288. 2009.

JARAMILLO ECHEVERRI, L.G. y AGUIRRE GARCÍA, J.C. *La controversia Kuhn-Popper en torno al Progreso Científico y sus posibles aportes a la enseñanza de las ciencias*. Cinta de Moebio. 20. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de Chile. 2004.

KARAMAN, A. *Professional Development of Elementary and Science Teachers in a Summer Science Camp: Changing Nature of Science Conceptions*. Australian Journal of Teacher Education. 41 (3). 2016.

LÓPEZ SANCHO, J. M.²; GÓMEZ DÍAZ, M.³ J.; RUÍZ DEL ÁRBOL MORO, M.⁴; CEJUDO RODRÍGUEZ, S.; REFOLIO REFOLIO, M.⁵ C.; MORENO GÓMEZ, E. *La enseñanza de la ciencia en Infantil y Primaria: una introducción*. 2016. [En línea]: <<https://digital.csic.es/handle/10261/138495>>.

MATUSOV, E. & HAYES R. *Sociocultural critique of Piaget and Vygotsky*. New Ideas in Psychology. 18. 215-129. 2000.

Problema de la demarcación. Wikipedia. [En línea]: <https://es.wikipedia.org/wiki/Problema_de_la_demarcaci%C3%B3n>.

RAMÍREZ CÉSPEDES, Z. *Las ontologías como herramienta de gestión del conocimiento*. Departamento de Bibliotecología y Ciencia de la Información. Universidad de la Habana. Cuba.

Views of nature of Science (from C). [En línea]: <[https://science.iit.edu/sites/science/files/elements/mse/pdfs/VNOS\(C\).pdf](https://science.iit.edu/sites/science/files/elements/mse/pdfs/VNOS(C).pdf)>.

Referencias de imágenes

IMAGEN 2: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mind%E2%80%93body_problem#/media/File:Descartes_mind_and_body.gif]

IMAGEN 3: [https://commons.wikimedia.org/wiki/Ferdinand_de_Saussure#/media/File:Ferdinand_de_Saussure_by_Jullien.png]

IMAGEN 9: [<https://www.flickr.com/photos/73527420@N00/801342233/>]

IMAGEN 16: [[https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Robert_Boyle#/media/File:Portrait_of_The_Honourable_Robert_Boyle_\(1627_-_1691\)_Wellcome_M0000284.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Robert_Boyle#/media/File:Portrait_of_The_Honourable_Robert_Boyle_(1627_-_1691)_Wellcome_M0000284.jpg)]

¿Peso 40 kg?

Luis Florián Ramos Sánchez*

CEO de Coreses, Zamora



Palabras clave

Peso, masa, Newton, kilogramo, dinamómetro, educación.

Resumen

El peso y la masa son magnitudes totalmente diferentes; la masa es una propiedad intrínseca de la materia mientras que el peso es la fuerza que resulta de la acción de la gravedad en la materia.

Sin embargo, desde pequeños, siempre hemos trabajado con el concepto de peso asociándolo al kilogramo; incluso en los libros de texto al estudiar las medidas se habla del gramo, kilogramos, etc. como unidades de peso y no de masa.

Con este trabajo se intenta que los alumnos/as aprendan a diferenciar entre peso y masa, introduciendo conceptos como el kilopondio, el newton, la gravedad, etc.

Entorno

El CEO de Coreses comprende las localidades de Algodre, Aspariegos, Benegiles, Coreses, Fresno de la Ribera, Gallegos, Molacillos, Torres del Carrizal, Villalube, más la población diseminada de Villagodio.

Está ubicado en zona rural próxima a Zamora con varios polígonos industriales y ganaderos en su ámbito, aspecto que no repercute en la fijación de la población, excepto en Coreses con la ampliación del polígono industrial, que influye de forma positiva. Su población se acerca a los mil doscientos habitantes, con una economía media baja, siendo el sector servicios el que ocupa el mayor grupo de población, seguido del industrial y del agro-ganadero. Es de destacar el descenso vertiginoso de alumnado que se ha producido en estos últimos diez años, un 43,2 %, debido a una disminución progresiva de fijación de población juvenil y de la tasa de natalidad. Cabe resaltar la llegada de varias familias inmigrantes, aunque este flujo es inferior al de cursos anteriores.

Actualmente, en el CEO de Coreses se imparte el segundo ciclo de Educación Infantil, Educación Primaria y todos los cursos de Educación Secundaria Obligatoria.

La investigación se llevará a cabo en un aula, perteneciente al CEO de Coreses, que cuenta con alumnos/as de 4.º y 5.º de Educación Primaria. La mayor parte de los alumnos/as son de la propia

* E-mail del autor: luisflorito@hotmail.com.

localidad de Coreses, habiendo también de otras localidades como Benegiles, Aspariegos y Torres del Carrizal.

El aula cuenta con un entorno virtual formado por una PDI con su correspondiente proyector y ordenador portátil, así como conexión a Internet.

Conocimientos previos

En el momento en el que se lleva a cabo este proyecto los alumnos/as están estudiando las unidades de medida de longitud, peso y capacidad. En el momento en el que se habla de medidas de peso se lanza a los alumnos/as la pregunta siguiente: *¿Está bien expresado «peso 40 kg»?*

Sin dudarlo responden que sí. Dicha respuesta se ve reforzada, como es lógico, por la nomenclatura que el propio libro de texto de matemáticas utiliza al referirse al gramo como unidad de peso, sin mencionar en ningún momento la masa.

Objetivos y contenido

De manera específica nos proponemos:

- Diferenciar el peso de la masa.
- Investigar diferentes aspectos en relación al peso y la masa.

Los contenidos a tratar serán:

- Materia.
- Peso.
- Masa.
- Gravedad.
- Fuerza.
- Unidades: gramo, kilogramo, kilopondio, newton.
- Aparatos: báscula, dinamómetro.

Metodología

La metodología parte de un hecho motivacional para crear en el niño/a el interés hacia los conceptos a investigar y todo lo relacionado con ellos.

La actividad de partida será la pregunta: *¿Está bien dicha la expresión «peso 40 kg»?*

A partir de dicha pregunta y las posteriores respuestas de los alumnos/as, el maestro llevará a cabo un proceso de descubrimiento guiado, mediante el cual, se irá poco a poco sembrando el interés del alumnado por el tema.

El papel del maestro es de guía, conduciendo en todo momento el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El papel del niño/a es totalmente activo y participativo, siendo el protagonista de dicho proceso.

La observación y la experimentación serán los instrumentos utilizados en todo momento para la adquisición de los objetivos señalados anteriormente.

La disposición de los alumnos/as a la hora de trabajar se llevará a cabo mediante pequeños grupos, lo cual facilitará que todos puedan realizar las diferentes actividades de una forma más dinámica y eficaz, adaptándonos en todo momento a los recursos de los que disponemos.

Actividades

Actividad 1. El señor Peso y la señora Masa

a) Objetivos que se pretenden

- Introducir los conceptos de peso y masa.
- Motivar a los alumnos/as para investigar sobre dichos conceptos.

b) Materiales necesarios

- PDI
- Lectura del cuento: *La Reina Masa y el Señor Peso. Cuentos didácticos de Física*, por F. Hernán Verdugo.

c) Desarrollo

Lectura en alto del cuento anteriormente mencionado. Agrupamiento de los niños y niñas en dos grandes grupos. Por un lado, los de 4.º de Educación Primaria serán los defensores del Señor Peso; por otro lado, los de 5.º de Educación Primaria apoyarán a la Señora Masa. Estos agrupamientos tendrán como finalidad la realización de un debate con el fin de que ambos grupos den sus argumentos (como ha-

cen en el cuento) relacionados con la pregunta que arranca esta investigación: *¿Está bien dicha la expresión «peso 40 kg»?* (**Imagen 1**).



Imagen 1. Debate, entre los dos grupos, en el aula.

d) Conclusiones

A lo largo del debate surgieron afirmaciones tales como:

- *Hay masa porque hay volumen y ocupa un lugar en el espacio.*
- *Si algo pesa es porque tiene masa.*
- *La masa contiene al peso pero el peso no contiene la masa. Sin masa no hay peso.*
- *A más masa más peso y no a más peso más masa.*

Actividad 2. Báscula vs dinamómetro

a) Objetivos que se pretenden

- Manejar aparatos de medición: báscula y dinamómetro.
- Averiguar lo que mide cada aparato.
- Comparar los resultados obtenidos con el fin de ver la correspondencia entre gramos y pondios.

b) Materiales necesarios

- PDI
- Básculas.
- Dinamómetros.
- Botellas de agua con diferentes masas de agua, sal y arena.
- Ficha de registro de datos.

c) Desarrollo

Distribución del aula en seis pequeños grupos. Cada subgrupo tendrá una botella identificada con una etiqueta (botella 1, botella 2, etc.).

Cada grupo realizará en las básculas la medición de su botella y la anotará en su hoja de registro. A continuación se intercambiarán las botellas, de tal forma que todos los subgrupos registrarán la medida de las seis botellas.

Se repetirá la operación con los dinamómetros. Previamente los alumnos/as manipulan y averiguan por su cuenta como se utiliza dicho aparato de medición. Tras varios minutos de descubrimiento, el profesor introduce la unidad de medida del pondio, sin dar más explicaciones y sin profundizar en dicha unidad (**Imagen 2**).



Imagen 2. Mediciones con dinamómetros.

Repetimos la mecánica de trabajo utilizada con las básculas. Cada subgrupo, al final de las mediciones deberá tener la medida de cada botella en gramos (báscula) y en pondios (dinamómetro) en su hoja de registro.

A continuación deberán contestar a las preguntas de la ficha correspondiente.

d) Conclusiones

Tras poner en común los registros realizados por los alumnos/as se llegaron a los siguientes puntos:

- *Coinciden los pondios con los gramos.*
- *La báscula y el dinamómetro miden la masa por eso salen las cantidades casi iguales.*

Actividad 3. Báscula vs dinamómetro II

a) Objetivos que se pretenden

- Manejar aparatos de medición: báscula y dinamómetro.
- Averiguar en qué posiciones miden correctamente los aparatos anteriores.
- Comparar los resultados obtenidos con el fin de ver en qué posición miden correctamente la báscula y el dinamómetro los cuerpos.

b) Materiales necesarios

- PDI
- Básculas.
- Dinamómetros.
- Botellas de agua con diferentes masas de agua, sal y arena.
- Otros objetos, como piedras, gomas de borrar, etc.

- Ficha de registro de datos.

c) Desarrollo

Distribución del aula en cuatro pequeños grupos. Dos subgrupos tendrán básculas y los otros dos subgrupos los dinamómetros.

Cada grupo realizará en las básculas la medición de sus cuerpos, piedras y gomas de borrar y anotará en su hoja de registro las medidas obtenidas en diferentes posiciones de las básculas. Lo mismo harán los subgrupos que manejan los dinamómetros. Estos últimos utilizarán botellas de diferentes materiales.

Los subgrupos se intercambiarán los aparatos de medición y rellenarán sus hojas de registro respectivas. Con los datos obtenidos contestarán las preguntas que aparecen en sus fichas.

Para finalizar la actividad se pondrán en común las conclusiones obtenidas.

d) Conclusiones

Tras poner en común los registros realizados se llegaron a los siguientes puntos:

- *Dependiendo de la posición de la báscula, esta presenta distintas medidas.*
- *En el dinamómetro solo se puede medir con él hacia abajo.*

En la segunda parte de la actividad, en vez de utilizar distintos objetos, utilizaremos nuestro propio cuerpo. Concretamente haremos las medidas en báscula y dinamómetro utilizando un dedo. La forma de desarrollar esta segunda actividad será exactamente igual que la de la primera parte.

Tras la toma de datos y la contestación de las preguntas de la ficha de registro, los alumnos/as llegan a las siguientes conclusiones:

- *En la báscula, con nuestro cuerpo podemos medir en todas las posiciones y con los objetos no.*
- *En el dinamómetro, la botella no la podemos medir hacia arriba o hacia un lado. Sí podemos medir con nuestro cuerpo porque podemos ejercer fuerza.*
- *Nuestro cuerpo (dedo) no tiene un peso fijo porque ejercemos una fuerza y los objetos si tienen un peso fijo porque no hacen ninguna fuerza.*

Actividad 4. Materia y masa

a) Objetivos que se pretenden

- Experimentar la relación masa-peso.
- Iniciarse en el descubrimiento de la materia y la masa.
- Deducir la relación entre masa y la medida del dinamómetro.

b) Materiales necesarios

- Dinamómetros.
- Básculas.
- Recipientes con arroz, poliespán, hierro y sal (**Imagen 3**).
- Ficha de registro.

c) Desarrollo

Se divide la clase en 4 subgrupos. Cada subgrupo tendrá un recipiente con material diferente y un dinamómetro o báscula para tomar medidas. Así mismo tendrán una hoja de registro donde irán anotando las diferentes medidas que vayan obteniendo con los aparatos.



Imagen 3. Materiales para la actividad.

Los subgrupos se irán intercambiando los recipientes y los aparatos hasta que todos tengan anotadas en sus hojas las medidas de los recipientes reflejadas en básculas y dinamómetros. A continuación repetiremos la misma actividad pero los grupos registrarán las medidas de los distintos recipientes, quitando previamente material de su interior.

d) Conclusiones

Los alumnos/as llegaron a los siguientes acuerdos:

- *Que si le quitamos masa hay menos peso, porque la masa contiene el peso.*
- *Al quitar materia disminuye el peso. Pensamos que la masa contiene al peso. A menos masa menos peso.*
- *Al quitar material quitamos peso.*
- *La materia es el material por el que está formado un cuerpo o un objeto.*
- *La masa es la cantidad de materia que tiene un cuerpo.*
- *Cuanta más masa tiene el recipiente más baja el dinamómetro.*
- *A más masa mayor medida en el dinamómetro, y baja más.*

Actividad 5. Todo cae

a) Objetivos que se pretenden

- Experimentar que todo cuerpo libre cae.
- Descubrir que hay una fuerza que provoca que todo caiga.
- Descubrir quién ejerce esa fuerza.
- Experimentar el peso con nuestro propio cuerpo.
- Experimentar la relación masa-peso.

b) Materiales necesarios

- Dinamómetros.
- Recipientes con arroz, poliespan, hierro y sal.
- Bola de marro, pelota de tenis, pelota de poliespan.
- Portería.
- Ficha de registro.

c) Desarrollo

Hacemos que los alumnos/as, se cuelguen (peso libre) en una portería hasta que se caen (**Imagen 4**).

A continuación a dichos alumnos se les añade un balón medicinal, colgándose de nuevo en la portería.

Los alumnos/as señalan que les ha costado mucho más mantenerse colgados en la portería en la segunda situación cuando tenían sujeto el balón medicinal con las piernas.

Ya en el aula a los niños/as se les hace sujetar, con los brazos extendidos, una pelota de tenis en una mano y una bola de marro (hierro) en la otra. Todos los alumnos/as que llevan a cabo esta actividad es-

tán de acuerdo en que la mano en la que tienen la bola de marro se les va cayendo poco a poco, costándoles mucho mantener dicho brazo en alto. Además coinciden en que parece que la bola de marro tira de ellos hacia abajo. Así mismo los alumnos/as que se colgaron en la portería señalan que han tenido la misma sensación tanto con el balón medicinal como sin él.



Imagen 4. Las hormigas acudieron a los grupos 1 y 2.

Seguidamente se les pide a los alumnos/as que dejen libres los objetos (bola de marro y pelota de tenis) para ver qué es lo que ocurre. Es importante que se fijen en la trayectoria que siguen dichos objetos y el ímpetu (*fuerza*) con la que impactan en el suelo.

Por último, en pequeños grupos, rellenarán la hoja de registro y pondremos en común las conclusiones obtenidas con las actividades realizadas.

d) Conclusiones

- Los objetos caen al suelo cuando los dejamos libres.
- Los cuerpos caen hacia abajo, en línea recta y siguiendo una trayectoria vertical.
- Todo cae porque hay una fuerza que tira de los objetos hacia el suelo.
- A mayor masa el objeto cae con más fuerza.
- Esta fuerza la ejerce la Tierra sobre todos los cuerpos.
- Cuanta más masa más peso.
- Cuanta más masa mayor es la fuerza que ejerce la Tierra hacia abajo.

Actividad 6. Unidades

a) Objetivos que se pretenden

- Afianzar las unidades de medida: gramo, kilogramo y pondio.
- Conocer la equivalencia pondio-kilopondio.
- Conocer la unidad del Newton.
- Investigar la relación kilogramo-kilopondio-Newton.
- Conocer que el Newton es una unidad de fuerza.

b) Materiales necesarios

- Dinamómetros con escalas en pondios y en Newtons.
- Recipientes con arroz, poliespán, hierro y sal.
- Ficha de registro.

c) Desarrollo

La clase estará dividida en cuatro subgrupos. Cada grupo tendrá dos dinamómetros, uno con escala en pondios y otro con escala en Newtons. Se les asignará un recipiente que contendrá los materiales mencionados en otras actividades. Deberán registrarse en las hojas las medidas obtenidas con los distintos dinamómetros. Así mismo registrarán la masa (en kilogramos) ya que han experimentado que los gramos y los pondios coinciden.

Tomados los datos de los cuatro recipientes deberán calcular la equivalencia kilopondios-Newton manejando las cantidades obtenidas en las distintas medidas.

Por último, en pequeños grupos, rellenarán la hoja de registro y pondremos en común las conclusiones obtenidas con las actividades realizadas.

d) Conclusiones

- *El Newton es una unidad de fuerza.*
- *Un kilopondio son aproximadamente 10N.*
- *Cuanto mayor es la masa mayor es la fuerza con la que la atrae la Tierra.*

Evaluación final

Como actividad final y evaluación se llevará a cabo de nuevo la lectura del cuento *La Reina Masa y el Señor Peso*. A continuación se realizará de forma individual una ficha de evaluación en la que se comprobará los conocimientos adquiridos por los alumnos/as, siendo el objetivo último que distingan entre Peso y Masa.

Conclusiones finales

Como conclusión final de este proyecto podemos destacar la respuesta a la pregunta del título *¿Peso 40 kg?*

Como han experimentado los alumnos/as a lo largo de todas las actividades el peso y la masa no son lo mismo.

La masa es la cantidad de materia que tiene un cuerpo y el peso es una fuerza, concretamente, la fuerza de atracción que ejerce la Tierra sobre todos los cuerpos.

La masa se mide en kilogramos y el peso, como toda fuerza, en newton.

Es por todo ello que la afirmación «peso 40 kg» está mal expresada. Se debería decir «tengo una *masa* de 40 kg».

Ambos conceptos son difíciles de diferenciar más cuando en el lenguaje cotidiano se confunde constantemente la terminología en muchas situaciones de la vida cotidiana, así como en los propios libros de texto, donde se habla de unidades de longitud, *peso* y *capacidad*.

Agradecimientos

En primer lugar, dirigir mis agradecimientos a las personas sin las cuales no hubiera sido posible este proyecto, los verdaderos protagonistas, mis alumnos/as de 4.º y 5.º de Educación Primaria del CEO de Coreses.

En segundo lugar, y no menos importarte, agradecer a don José Morocho Martín, asesor del CFIE de Zamora, que me ha orientado y asesorado en todo momento para la realización y desarrollo de este proyecto; un ejemplo para mí, tanto a nivel personal como profesional.

En último lugar, agradecer al equipo de El CSIC en la Escuela sus cursos, orientaciones y atenciones, haciendo posible, no solo, la adquisición de conocimientos sino también potenciando la motivación para seguir trabajando la ciencia en el aula.

Anexos

Los anexos de este trabajo pueden consultarse en:

1. *La reina Masa y el señor Peso*. [En línea]: <<http://www.csicenlaescuela.csic.es/proyectos/mecanica/experiencias/coreses/masaypeso.pdf>>.
 2. Fichas de registro. [En línea]: <<http://www.csicenlaescuela.csic.es/proyectos/mecanica/experiencias/coreses/fichasregistro.pdf>>.
 3. Evaluación. [En línea]: <<http://www.csicenlaescuela.csic.es/proyectos/mecanica/experiencias/coreses/evaluacion.pdf>>.
-

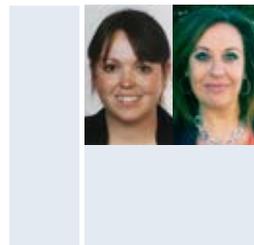
Referencias bibliográficas

HERNÁN VERDUGO, F. *La Reina Masa y el Señor Peso. Cuentos didácticos de Física*. [En línea]: <<http://www.librosmaravillosos.com/cuentosdidacticos/index.html>> [consulta: noviembre 2016].

Empezando el día con energía

Carmen Conde Santos*
Diana Crespo Urones

Maestras del Colegio Privado Concertado San José



Palabras clave

Termoscopio, energía, trabajo, calor, masa, peso, temperatura, moléculas, educación.

Resumen

A través de una serie de experimentos, que procuramos que sean atractivos y motivadores para los alumnos, y con un lenguaje adecuado a su edad y preparación, pretendemos el acercamiento de la ciencia a las aulas, el desarrollo del espíritu científico y crítico en las mentes infantiles y la concienciación de la caducidad de nuestro modo de vida en este planeta y de las energías no renovables.

En esta ocasión, a lo largo del presente curso 2015-16, el tema elegido ha sido “La energía”, su diferente tipología y su aplicación en la industria.

La energía produce trabajo es el principio del que partimos y que nos motiva a comenzar su estudio.

Así, trataremos la teoría molecular aplicada a la energía potencial, energía cinética, energía elástica, energía calorífica, calor y temperatura, descubriendo sus magnitudes. A partir de todo este aprendizaje previo, estudiaremos el tema de la termodinámica y sus utilidades en nuestro mundo.

Entorno

Nos parece importante conocer la realidad socio-cultural de la zona donde está situado este centro educativo: el Colegio Privado Concertado San José (**Imagen 1**). Así, diremos que el centro está ubicado al este de la ciudad, entre la avenida de Requejo y la avenida Príncipe de Asturias. Es una zona completamente urbanizada y atendida en servicios, tanto públicos como privados, que, sin embargo, sirve como bisagra entre lo que podemos considerar la zona céntrica y más transitada de la ciudad y algunos barrios algo más desfavorecidos. Nosotros recibimos alumnos de ambos lados. Aunque algunos



Imagen 1. Colegio Privado Concertado San José

* E-mail de la autora: carmencondesalamanca@gmail.com.

organismos nos queden algo alejados como la Biblioteca Municipal, el Ayuntamiento o la Diputación, estamos a pocos metros de otros que nos proporcionan bastante ayuda debido a su situación, como la Dirección Provincial de la Junta de Castilla y León, las parroquias, etc.

Hemos desarrollado los experimentos en las aulas de 5.º y 6.º de Educación Primaria en nuestro centro.

El curso de 5.º está formado por 18 alumnos con características evolutivas y académicas semejantes, con un par de excepciones de alumnos de necesidades educativas especiales.

El grupo de 6.º, sin embargo, es bastante más heterogéneo. Constituido por 28 alumnos, 10 de ellos ACNEES, de los cuales dos llevan un desfase de dos cursos por debajo del resto.

Actividades realizadas

■ Teoría molecular. Expansión de las moléculas de los materiales en los tres estados. Estudio y experimentos que la refrendan.

■ Vídeos y experimentos manipulativos sobre la energía potencial y sus transformaciones.

■ Energía potencial y elástica:

- Creación de un tubo *boomerang*.
- Automóvil.

■ Energía térmica. Su transformación en energía mecánica.

- Mediciones de temperatura.
- Creación del termoscopio de Galileo.
- Grúa térmica.
- *Drinking bird*: pájaro bebedor para explicar la diferencia de temperatura y sus consecuencias.
- Barco de vapor.

■ Electromagnetismo. Inducción electromagnética. Tren y freno eléctrico. Un campo magnético crea un campo eléctrico y un campo eléctrico crea un campo magnético.

Conocimientos previos

Debido a que es nuestro quinto año dentro del proyecto, ya hemos trabajado el tema de la energía, no como específico sino para la introducción de los temas tratados en cada uno de los cursos. Con lo cual, los alumnos ya tienen unos conocimientos previos que nos han facilitado la labor. Por ejemplo, la teoría molecular; el calor y la temperatura; la electricidad y el electromagnetismo.

Hemos experimentado en clase cómo los materiales se dilatan independientemente del estado en que se encuentren. Así, hemos comprobado que, si calentamos agua produce vapor y, si se encuentra en un espacio cerrado (un matraz con un globo en su boca), no podrá expandirse el aire más que por ese extremo (**Imagen 2**).



Imagen 2. Experimento en el aula: expansión del vapor de agua.

El globo se inflará debido a ese efecto de expansión de las moléculas de vapor de agua y de la energía calorífica que le proporcionamos.

Utilizaremos más tarde estos conocimientos, aprovechando que esta energía realiza un trabajo, para construir una grúa.

También se estudió el tema del calor y la temperatura con un termoscopio de Galileo, y otras actividades de estudio y comprobación de transformación de energía.

Actividades

Actividad 1. *Ven, perrito, ven*

Objetivos

- Descubrir cómo se genera la energía.
- Concienciarnos de que la energía se transforma.
- Construir un tubo que transforma la energía potencial elástica en cinética.

Materiales

- Una caja con forma de tubo.
- Dos tapas.
- Una goma elástica.
- Dos pilas que harán el efecto de un peso.
- Dos palitos y cinta adhesiva.

Desarrollo

Procedemos a construir un aparato (**Imagen 3**) que simulamos que es un perrito al que lanzamos hacia adelante en el suelo y regresa a nuestras órdenes.

Vaciamos el tubo; hacemos dos ranuras en las tapas en las que ajustamos la goma elástica con la ayuda de los palitos; la goma va de lado a lado con las pilas, el peso, en el centro. Se cierra el tubo del otro lado.



Imagen 3. Materiales para Ven, perrito, ven.

Después de preguntar a los alumnos qué creen que ocurrirá cuando lancemos el tubo con fuerza hacia adelante, lo hacemos varias veces para comprobar que lo que ellos suponían no es cierto. Aparentemente a un cuerpo al que le proporcionamos una fuerza hacia adelante debería mantenerse rodando en ese sentido durante un tiempo. En nuestro caso no es así. El tubo vuel-

ve. Después de discutir diferentes opciones aprendimos que esa fuerza que le aplicamos hace que el objeto gire y enrolle la goma con el peso que lleva en su interior. El tubo regresa al desenrollarse la goma con la ayuda del peso para volver a su posición inicial.

Conclusión

Cuando la goma se enrolla está acumulando una cantidad de energía potencial (elástica) que necesita ser liberada. La energía elástica se convierte en energía cinética que mueve el cuerpo y lo devuelve a nuestra posición.

Actividad 2. ¡Qué fácil con energía!

Objetivos

- Descubrir cómo la energía es la capacidad para realizar un trabajo.
- Concienciarnos de que la energía se transforma.
- Aprovechar la energía para nuestro beneficio y para hacer nuestras vidas más fáciles.

Materiales

- Una lata de refresco
- Un globo
- Una pajita
- Cinta adhesiva
- Hilo atado a la pajita
- Un peso
- Una regla
- Tijeras
- Una fuente de calor constante

Desarrollo

Procedemos a construir una grúa, es decir, un aparato que nos ayude a subir un peso desde el suelo a una posición elevada (**Imagen 4**).

Cortamos la tapa superior del bote de refresco; cortamos la parte estrecha del globo y lo ajustamos lo máximo posible a la boca del bote. Doblando la pajita la pegamos en una pared del bote haciéndola quedar perpendicular al mismo pegada al globo.



Imagen 4. Alumna construyendo la grúa.

En el extremo de la pajita atamos el hilo con un peso que no sobrepase el peso de todo el artificio para que no se vuelque.

Calentamos el bote y comprobamos que el globo se va inflando, debido a lo cual la pajita se va desdoblando por la parte que hace codo y se va elevando, levantando el peso que le habíamos colocado en un principio (**Imagen 5**).

Vamos a explicar qué ha ocurrido.



Imagen 5. Funcionamiento de nuestra grúa.

El calor dilata el aire que está dentro del bote de refresco. Su tendencia a expandirse hace que tenga que hacerlo por la única parte que puede, la parte elástica, el globo, que se agranda y empuja a la pajita hacia arriba.

Vamos a concluir midiendo la distancia que se ha elevado el peso que colocamos en el extremo respecto a la base.

Conclusión

Concluimos calculando la energía calorífica que hemos proporcionado para que suba el objeto una determinada altura (h), según su masa (m) y el valor de la gravedad (g).

Actividad 3. *Up and down!*

Objetivos

- Afianzar los conocimientos de termodinámica.
- Descubrir cómo se transforma el flujo de calor en trabajo mecánico.
- Repasar el concepto de temperatura.
- Repasar los cambios de estado.

Materiales

- Pájaro bebedor o *drinking bird*.
- Vaso o taza.
- Agua del grifo.

Desarrollo

Previamente, hemos utilizado termómetros para repasar el concepto de temperatura, midiendo la correspondiente a un vaso con agua fría, otro con agua a temperatura ambiente y un tercero con agua que hemos calentado con una vela.

A continuación, comenzamos el experimento con el pájaro bebedor. Está formado por dos bulbos de vidrio unidos por un tubo también de vidrio. En su interior hay un líquido rosa que llena algo más de la mitad del bulbo inferior. El bulbo superior, unido directamente al tubo, tiene un pequeño «pico», y tanto este como el resto del bulbo están recubiertos de un fieltro que da forma a la cabeza y al pico. El tubo de vidrio llega hasta casi el fondo del bulbo inferior. En el centro del tubo hay una barrita metálica cuyos extremos se apoyan en el armazón de la base, de tal manera que el conjunto pueda oscilar con facilidad.

Colocamos el pájaro encima de la mesa y, a su lado, un vaso con agua del grifo.

Observamos que cuando todo el pájaro está a la misma temperatura que el ambiente, no se mueve; pero si mojamos el fieltro del bulbo superior con el líquido, este tenderá a evaporarse, absorbiendo de la cabeza, la cantidad de calor necesaria para cambiar de estado líquido a vapor, lo que origina una diferencia de presiones entre el cuerpo y la cabeza, haciendo que suba el líquido rosa por el cuello hasta que las presiones se equilibran.

Debido al líquido que sube a la cabeza, el pájaro se inclina tanto que alcanza a succionar aire y a bajar líquido, hasta que el pájaro queda otra vez en el estado inicial, iniciando su equilibrio desde la posición vertical. Un movimiento que lo deja oscilando lentamente, lo que aumenta la evaporación del líquido que moja el exterior de su cabeza, entonces vuelve a repetir el movimiento (**Imagen 6**).



Imagen 6. Experimentamos con el pájaro bebedor y anotamos resultados.

Actividad 4. ¡Llegamos a buen puerto!

Objetivos

- Afianzar el concepto de termodinámica.
- Descubrir cómo se transforma el flujo de calor en trabajo mecánico.
- Descubrir el principio de acción y reacción.
- Repasar el concepto de temperatura.
- Repasar los cambios de estado.

Materiales

- Barco de vapor (corcho, tubos, dos clips).
- Cubo de plástico.
- Agua.
- Vela pequeña.
- Cerilla.
- Jeringuilla.

Desarrollo

Primero repasamos los cambios de estado mediante un video educativo, que les recuerda lo aprendido con anterioridad sobre este tema y sobre el concepto de temperatura.

A continuación procedemos a llenar el cubo de agua. Introducimos también agua en los tubitos que forman parte del barco de vapor, con la ayuda de una jeringuilla (**Imagen 7**).

Encendemos la vela y la colocamos sobre el corcho, bajo los tubitos en los que metimos el agua. Colocamos el barco en el agua que habíamos puesto en el cubo. Observamos que empieza a moverse.

¿Por qué? Explicamos lo ocurrido.

El barco de vapor es una máquina térmica muy sencilla. El agua se calienta y se pone a hervir. Entonces la presión aumenta y la misma fuerza del vapor empuja el agua hacia afuera con violencia (igual que en una cafetera) y, por reacción, hace



Imagen 7. Llenamos de agua los tubos del barco de vapor.

que el barco de vapor avance en sentido contrario. La salida del agua crea un vacío en el interior del tubo, que produce una succión que hace que entre agua nueva fría en el tubo y el proceso se repita.

Conclusión

Concluimos que el agua, al calentarse, pasa al estado gaseoso, es decir que se convierte en vapor, generando una presión, la cual sirve para ejercer una fuerza que impulsa el barco hacia delante. La energía térmica se convierte en energía cinética que mueve el barco.

Evaluación final. Ficha de evaluación

Como evaluación final les pedimos a nuestros alumnos que nos mostraran, a través de un dibujo o esquema, todo lo que ellos sentían que habían aprendido; que nos dieran a conocer la diferencia en su cultura de ciencia desde el comienzo del curso hasta estos días en los que estamos realizando y estudiando las conclusiones a las que hemos llegado.

Queremos saber si sienten un especial interés por los descubrimientos científicos y si han descubierto el placer que supone aprender más allá de los que la escuela les proporciona.

Os mostramos algunas de ellas (**Imagen 8**).

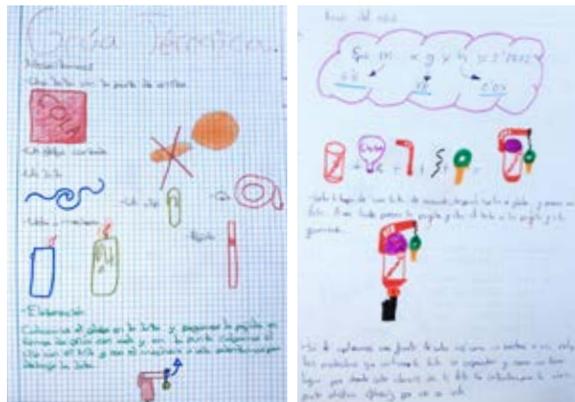


Imagen 8. Algunos dibujos y esquemas realizados por el alumnado.

Conclusiones finales

La experiencia de acercar la ciencia a los alumnos a través de experimentos divertidos y motivadores pero, a su vez, rigurosos y precisos, nos ha parecido enriquecedora e incentivadora. Los alumnos se han involucrado y se han sentido protagonistas y constructores de su propio aprendizaje. Igualmente, ayuda al profesorado a seguir sintiéndose parte importante de la educación y de la vida científica.

Es un valor añadido a los temarios que abarcar las asignaturas regladas en los centros de Educación Primaria y nos ha proporcionado un alto grado de satisfacción a todos los que integramos la experiencia.

Referencias bibliográficas

MORENO GÓMEZ, E., GÓMEZ DÍAZ, M.^a J., LÓPEZ SANCHO, J. M.^a, REFOLIO REFOLIO, M.^a C. *Construcción y estudio de una máquina de vapor sin partes móviles*. Serie El CSIC en la Escuela. Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula. N.º 10. CSIC. 2014. 68 pp.

Barco de vapor (sin partes móviles) para el aula. Pop pop boat. Museo Virtual de la Ciencia del CSIC. [En línea]: <http://museovirtual.csic.es/recursos/recursos_csic_escuela4.htm> [consulta: julio 2016].

Termoscopio casero (con una lata de refresco). Museo Virtual de la Ciencia del CSIC. [En línea]: <http://museovirtual.csic.es/recursos/recursos_csic_escuela7.htm> [consulta: julio 2016].

Energía potencial. ¡Sube pedaleando y baja descansando!

Teresa Amigo Romero
Noemí Mulas Franco

Maestras del CEIP Valle del Guareña. Fuentesauco. Zamora

Palabras clave

Energía potencial, masa, gravedad, altura, trabajo, energías, peso.

Resumen

Hemos iniciado este proyecto con la intención de que nuestros alumnos/as lleguen a comprender y diferenciar, a través de la observación, manipulación y experimentación científica, aspectos importantes de la vida diaria que tienen una explicación sencilla y que les ayudará a ver el mundo con otros ojos y a ser capaces de explicárselo a los demás.

En primer lugar, les demostraremos que el «esfuerzo» realizado para subir a una determinada altura se acumula en forma de energía, llamada energía potencial.

En segundo lugar, trabajaremos las variables de las que depende la mayor o menor magnitud de esa energía potencial: la altura, la masa/peso y la gravedad. Con todo ello deben llegar a intuir la fórmula de la energía potencial:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Por último, transformaremos la energía potencial en otro tipo de energía y comprobaremos diferentes usos de esa transformación en la vida diaria, llegando al «principio de conservación de la energía».

Entorno

El CEIP Valle del Guareña de Fuentesauco, un colegio de la zona rural, que acoge a alumnado de varias localidades y donde la presencia de alumnado de otras nacionalidades es abundante.

Las familias son de clase media y con un buen nivel cultural en general, exceptuamos el caso de las familias de inmigrantes que a pesar de que algunas son de nivel cultural medio el desconocimiento del lenguaje influye en su estatus social y económico y repercute en algunos aspectos de la escolarización de sus hijos. En general todas las familias del centro están muy concienciadas con la necesidad e importancia de una buena educación y del respeto de las normas del centro desde el ámbito familiar. Este proyecto se realiza con alumnos/as de 4.º y 5.º de Primaria. La colaboración con las familias es buena.

Conocimientos previos

Este proyecto lo hemos dividido en tres partes: las dos primeras contienen una serie de actividades encaminadas a que los alumnos/as adquieran el concepto de **energía potencial** con lo que necesariamente debemos trabajar también el de **masa** y **peso**. La última parte del proyecto desarrolla actividades para que el alumno descubra el concepto de **trabajo** y conozca otros tipos de **energía** de uso cotidiano.

Comenzamos la actividad jugando con un balón de fútbol y una pelota de tenis lo cual provoca la atención y motivación hacia lo que hacemos.

Primero lo hacemos con las pelotas por separado y luego con las pelotas superpuestas. Preguntamos sobre los efectos del juego: hasta dónde sube el balón, la pelota, que pasa si la tiramos desde más altura o menos, qué creen que sucederá si las colocamos una encima de la otra y las soltamos a la vez... Se les plantea además otra pregunta motivadora sobre un hecho de su vida cotidiana: ¿Qué sucede cuando subimos una cuesta andando o con bici?

¿Y cuando la bajamos?... Reflexionamos las contestaciones y se les reparte la ficha para tomar nota de sus conocimientos previos (**Anexo**).

En cuanto a la primera actividad se observa que el 99% de los alumnos sí llegan a intuir el concepto de «energía», aunque no lo llaman así. Comprenden que hay «algo» que pasa del balón grande a la pelota de tenis y lo denominan **golpe o fuerza**, alguno habla de **energía**.

Sobre la causa de por qué debemos hacer mayor o menor esfuerzo en las diferentes cuestas que recorren en el pueblo, la única causa que ven, el 100%, es la altura.

Decidimos entonces comenzar con las actividades para que saquen sus conclusiones.

Objetivos

- Observar la vida cotidiana buscando ejemplos sobre los aspectos trabajados.
- Reconocer e identificar el concepto de energía potencial y aplicarlo.
- Identificar las variables de las que depende la energía potencial.
- Diferenciar el concepto de masa (en kilogramos) del concepto de peso (en Newton).

- Identificar y aplicar la fórmula de la energía potencial.
- Relacionar el trabajo y energía potencial.
- Comprender el principio de conservación de la energía.
- Identificar distintas formas de transformar la energía para el uso diario.

Metodología

Nuestra pretensión es introducir en el aula una nueva forma de trabajo, no es transmitir informaciones y conocimientos, sino provocar el desarrollo de competencias básicas a través de la realización de tareas.

Provocar aprendizaje relevante de las competencias básicas requiere implicar activamente al estudiante en procesos de búsqueda, estudio, experimentación, reflexión, aplicación y comunicación del conocimiento.

La evaluación educativa del rendimiento de los alumnos la entenderemos básicamente como evaluación formativa, para facilitar el desarrollo en cada individuo de sus competencias de comprensión y actuación.

Nuestra función para el desarrollo de competencias la concebimos como la tutorización del aprendizaje del alumnado, lo que implica diseñar, planificar, organizar, estimular, acompañar, evaluar y reconducir sus procesos de aprendizaje. Para ello es necesario:

1. Generar un ambiente propicio en el aula.
2. Facilitar el aprendizaje activo.
3. Motivar hacia el objeto de aprendizaje.
4. Favorecer la autonomía del aprendizaje.
5. Favorecer el uso de fuentes de información diversas.
6. Favorecer la comunicación oral o escrita de lo aprendido.
7. Impulsar la evaluación formativa.
8. Favorecer la utilización de organizaciones diferentes del espacio y del tiempo.

9. Impulsar la funcionalidad de lo aprendido fuera del ámbito escolar
10. Enfoque globalizador e integrador de las áreas.
11. Papel activo del alumno para modificar y reelaborar sus esquemas de conocimiento.
12. Funcionalidad de los aprendizajes.
13. Favorecer el desarrollo de procesos cognitivos, autorregulación y valoración del propio aprendizaje.
14. Currículo flexible para atender la diversidad.
15. Agrupamientos flexibles y variados.

Competencias a desarrollar

1. **Competencia matemática y científica-tecnológica:** las energías, sus magnitudes, observación, interpretación y recogida de datos de las mismas y aplicación a la vida diaria.
2. **Competencia lingüística:** leer e interpretar la información leída, recoger por escrito lo observado y saber explicarlo. Defenderlo oralmente ante los demás.
3. **Competencia digital:** búsqueda de información por vía digital para ampliar información, cotejarla y afianzarla. Presentación de la información en formato digital.
4. **Competencia social y cívica:** conocer nuevos personajes, su momento histórico y las circunstancias en las que se produjeron los descubrimientos y las repercusiones que tuvieron, comparando con el momento actual (esta tarea competencial se ha realizado dentro del marco del Plan de Fomento de Lectura 15-16 del Centro: Concienci@lees).
5. **Competencia del sentido la iniciativa y el espíritu emprendedor:** fomentaremos el espíritu crítico ante los hechos de la vida diaria: subir al tobogán, realizar un paseo en bici, botar la pelota, etc.

6. Competencia en aprender a aprender: creemos que esta forma de trabajar en la escuela, a través de la experimentación del alumnado, de la gestión de su propio aprendizaje, es el camino que debemos seguir, pero lo estamos iniciando y aún queda mucho por hacer, por ello nosotras queremos poner nuestro granito de arena con este proyecto.

Actividades (1.ª parte)

Actividad 1. «Jugamos con las pelotas»

Objetivos

- Reconocer e identificar el concepto de energía potencial.
- Descubrir otros conceptos asociados a la energía potencial: rozamiento, deformación, calor...

Materiales

- Balón de fútbol.
- Pelota de tenis.
- Metro.
- Balanza.
- Ficha del alumno/a. n.º 0 y n.º 1.

Desarrollo

Se inicia la clase con la profesora jugando con las dos pelotas (la de fútbol y la de tenis), después de un tiempo de observación hacemos preguntas sobre la altura que alcanzan cada una en el rebote desde el suelo. Lo medimos con un metro colocado en la pared y anotamos todo en la ficha (**Imagen 1** y **Anexo**).

Preguntamos si las pelotas pueden subir solas y bajar solas y cuáles pueden ser las causas. Las respuestas son claras: las pelotas no pueden subir solas pero sí pueden bajar: intuyen que la gravedad tira de las pelotas hacia abajo.

Después hacemos lo mismo con las dos pelotas unidas (una encima de la otra) lo repetimos varias veces para que lo comprueben (se asom-



Imagen 1. Desarrollo de la actividad.

bran de la altura que alcanza ahora la pelota de tenis). Les pedimos que expliquen por qué pasará eso, la mayoría ve que el balón de fútbol impulsa a la pelota de tenis pero no entienden el porqué.

Tras darles tiempo para apuntar se les explican los porqués y se van introduciendo los conceptos de: energía potencial, rozamiento, deformación...

Actividad 2. «¡Realizamos un trabajo o acumulamos energía!»

Objetivos

- Observar la vida cotidiana buscando ejemplos sobre los aspectos trabajados.
- Reconocer e identificar el concepto de energía potencial.
- Identificar las variables de las que depende la energía potencial.
- Relacionar el trabajo y energía potencial.

Materiales

- Tobogán.
- Arenero.
- Cubos de arena.

Desarrollo

Iniciamos la nueva actividad preguntándoles en qué momento de su vida acumulan energía potencial. Algunas de las contestaciones fueron las siguientes:

- Al subir a un tobogán.
- Al subir en un avión.
- En un andamio.

De todos los ejemplos cotidianos que salieron en la clase solo podíamos experimentar el del tobogán; por ello, el siguiente paso, fue salir al patio de infantil a demostrarlo.

Les hacemos que cojan un cubo vacío y lo suban por las escaleras del tobogán, lógicamente esto no les supone ningún esfuerzo.

Llenamos el cubo de arena y les pedimos lo mismo, suben por las escaleras pero tienen más dificultad debido al peso del cubo lleno.



Imagen 2. Cubos de arena subidos al tobogán.

Esta actividad (**Imagen 2**) es el inicio para explicarles el concepto y magnitud de trabajo: les aclaramos que la fuerza que hemos realizado equivale al peso del cubo que hay que vencer para subirlo a la altura del tobogán.

Conclusión: entienden que el trabajo que hemos realizado depende de la fuerza realizada ($P = m \cdot g$) y de la distancia a la que lo subimos (altura). Ese trabajo se acumula arriba como energía potencial y desde ahí la podemos usar luego para realizar otros trabajos.

Evaluación y conclusiones de la primera parte

Para comprobar si los alumnos han asimilado el concepto de energía potencial se les paso una evaluación final con una ficha en la que tenían que rodear los objetos que pudieran acumular dicha energía. Dicha evaluación se incluye en los anexos.

Del estudio de los resultados de la ficha de evaluación final se puede extraer la siguiente conclusión: el 99% de los alumnos/as entienden el concepto de energía potencial.

Con los resultados de la ficha número 1 y las contestaciones dadas a lo largo de las explicaciones se puede concluir que la mayoría de los alumnos reconocen objetos y situaciones de la vida diaria en la que se acumula energía potencial.

Actividades (2.ª parte)

Actividad 3. «¡Cuánto sabemos!»

Objetivos

- Relacionar las variables de las que dependen la energía potencial.
- Diferenciar el concepto de masa y peso.
- Materiales.
- Canicas de diferentes tamaños y masas. Arenero, juego de pesas, metro, palo de escoba, harina y tiza de colores (**Imagen 3**).
- Ficha del alumno/a n.º 1.
- Videos.

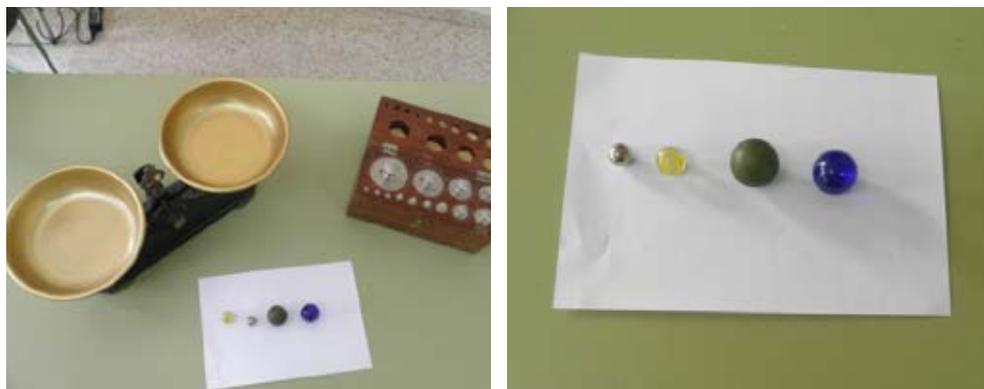


Imagen 3. Materiales para la actividad.

Desarrollo

Salimos al parque llevando las bolas de diferentes tamaños y masas. Para el primer experimento fijamos la altura y lo que variamos es la masa, usamos tres objetos de diferente masa lanzados a la misma altura del tobogán y comprobamos que los de más masa llegan más lejos que las de masa inferior. En este experimento les hacemos ver las posibles pérdidas de energía acumulada (el efecto del rozamiento con el suelo o con el aire, la deformación del suelo y la pérdida calorífica). A continuación pasamos a tomar una sola bola y, en este caso, lo que cambiamos no fue la masa sino la altura, esta pelota fue lanzada desde tres alturas diferentes en el tobogán: a muy poca altura, a la mitad del recorrido y arriba del todo. No se observaba claramente nuestro objetivo y, por eso, pasamos a realizar nuestro segundo experimento en el parque.

Pretendíamos demostrar que una misma pelota (de masa 21 gramos) lanzada desde diferentes alturas conseguía deformar la arena del suelo de diferente manera. Aprovechamos un día lluvioso para que el efecto fuera más visible. Tomamos un palo de escoba y lo graduamos para ver desde qué altura se deja caer el objeto. Primero lo hicimos desde la marca de 20 cm de altura, luego tomamos la misma bola y la dejamos caer desde 90 cm, observando la deformación provocada en la arena se veía claramente que la que partía de una posición más alta lograba realizar más deformación, o sea que era la que más energía potencial tenía de salida.

El siguiente experimento consistía en demostrar que un cuerpo de mayor masa tiene más energía potencial que otro de menos masa. Tomamos dos masas de pesos diferentes (una de 21 gramos y otra de 6 gramos) y los dejamos caer desde una misma altura. Si observamos la deformación en la arena se confirma que la de más peso parte con más energía potencial.

Preguntados los niños, por el resultado de lo que habían visto, la mayoría comprendieron que la energía potencial dependía directamente de la masa del objeto y de la altura de la que partía.

Para afianzar los contenidos adquiridos hicimos lo mismo pero poniendo como base a deformar la harina teñida con tizas de colores. En este ejemplo variamos unas veces la altura y otras la masa de los objetos (**Imagen 4**).

Tras este experimento los alumnos/as demostraron los conocimientos adquiridos respecto al tema y fueron ellos los que prepararon y explicaron la actividad a otros cursos del centro.

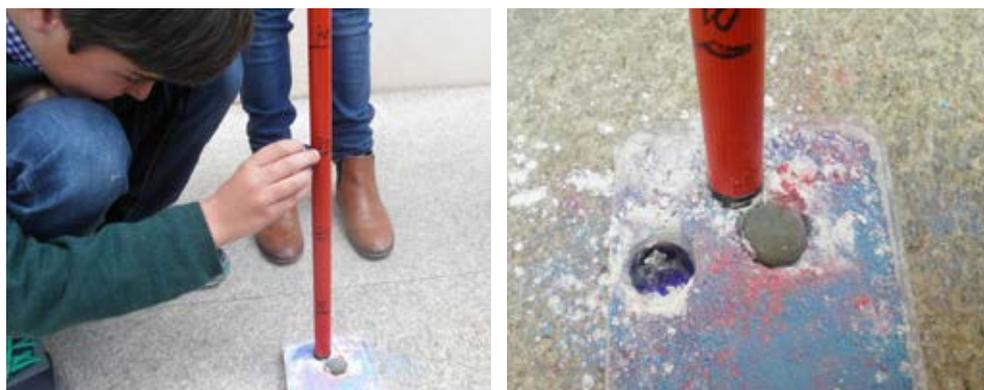


Imagen 4. Ensayo de deformación de objetos, con diferente masa, que caen de alturas distintas.

En la primera parte de las actividades ya les quedó claro que la energía potencial dependía de la gravedad que afecta a todos los cuerpos.

Ahora sí vemos que la fórmula es la siguiente:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

La Energía potencial se mide en julios (J), la masa en kilogramos (kg), la altura en metros (m) y la gravedad en metros cada segundo al cuadrado (m/s^2).

Se aprovecha este momento para explicar una duda que ha surgido entre el alumnado y es la diferencia entre peso y masa. Una vez que se han resuelto las dudas y que han comprendido que el peso es una fuerza que depende de la masa y la gravedad y que la masa es la *cantidad* de materia, pasamos a realizar la siguiente práctica: se mide la masa de diferentes objetos con la balanza y se anota para utilizarlo posteriormente. Se les da el valor de la gravedad en la Tierra y en otros planetas y se hacen ejercicios para calcular el peso de los objetos anteriores a diferentes gravedades (**Anexo**).

Actividad 4. «¡Calculemos!»

Objetivos

- Aplicar el concepto de energía potencial que ya conocen.
- Asociar altura y masa a la energía potencial.
- Aplicar la fórmula de la energía potencial.

Materiales

- Balón de fútbol. Pelota de tenis. Metro. Balanza.
- Ficha del alumno/a n.º 1.

Desarrollo

Recordando la primera actividad (con las dos pelotas unidas: la de tenis encima de la de fútbol) pasamos a calcular la altura alcanzada por la pelota de tenis impulsada por la energía potencial aportada por el balón de fútbol. Los pasos realizados son:

1. Pesamos el balón de fútbol y la pelota de tenis.

Las medidas son las siguientes: balón= 433 g; pelota de tenis= 58 g.

2. Pesamos un cable que igualara el peso de la pelota de tenis con el fin de enroscarlo en la pelota de fútbol, sustituyendo a la de tenis, y, así, medir la Energía potencial con la que llega tras el bote (**Imagen 5**).



Imagen 5. Pesamos los materiales.

3. Enrollamos el cable alrededor de la pelota de fútbol y la lanzamos (**Imagen 6**). La altura de partida es 1,20 m. Calculamos su energía potencial.

Energía potencial (de la pelota de fútbol y la de tenis) a 1,20 metros de altura:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$$E_p \text{ (arriba)} = (0,433 + 0,058) \cdot 9,8 \cdot 1,20$$

$$E_p \text{ (arriba)} = 5,774 \text{ J}$$

4. Este paso lo hemos realizado para conocer la altura alcanzada por el balón de fútbol con el peso de la pelota de tenis (cable azul en la foto). Medimos la altura a la que llega el bote tomando como referencia el palo: $h = 60,5 \text{ cm}$, el peso sigue siendo el mismo ($0,433 + 0,058$). Calculamos la E_p alcanzada en el punto máximo del bote:

$$E_p \text{ (tras el bote)} = m \cdot g \cdot h$$



Imagen 6. Lanzamiento de la pilota y el cable.

$$E_p (\text{tras el bote}) = (0,433 + 0,058) \cdot 9,8 \cdot 0,605$$

$$E_p (\text{tras el bote}) = 2,911\text{J}$$

5. Ahora hacemos el experimento con la pelota de tenis encima del balón de fútbol (**Imagen 7**). Realizamos las mediciones oportunas. La masa sigue siendo la misma y la altura de lanzamiento 1,20 metros de altura. Los datos y resultados coinciden con los del paso 3.

6. Ahora medimos la altura a la que llega el bote con el objeto de saber cuál será la altura total a la que llegará la pelota de tenis tras el bote y el paso de la energía del balón de fútbol al de tenis. $h = 39,8$ cm.

Calculamos Energía potencial a la altura del bote. Ahora la altura es de 39,8 cm. La Energía potencial del balón de fútbol con masa 0,433 kg.

$$E_p (\text{fútbol}) = m \cdot g \cdot h$$

$$E_p (\text{fútbol}) = 0,433 \cdot 9,8 \cdot 0,398$$

$$E_p (\text{fútbol}) = 1,688\text{J}$$

7. Ahora calculamos la E_p de la pelota de tenis que se calculará restando a la E_p del paso 3 (que era la que tenía el balón de fútbol con el cable) la E_p del paso 6 que es la de la E_p del balón de fútbol él solo tras el bote.

$$E_p (\text{tenis}) = E_p (\text{fútbol+cable}) - E_p (\text{fútbol}) = 2,911 - 1,688 = 1,223\text{J.}$$

$$\text{Despejando de la fórmula: } h (\text{tenis}) = E_p (\text{tenis}) / m (\text{tenis}) \cdot g$$

$$h (\text{tenis}) = 2,151\text{m}$$

A esta altura le tenemos que sumar la altura de rebote del balón de fútbol 0,398 m y el diámetro del balón de fútbol que es 0,22 m.



Imagen 7. Lanzamos las dos pelotas desde 1,2 metro de altura.

Por tanto la altura total que alcanza la pelota de tenis desde el suelo es:

$$h \text{ (total)} = 2,151 + 0,398 + 0,22 = 2,769\text{m}$$

Evaluación y conclusiones de la segunda parte

Con todos estos conocimientos podemos realizar la ficha de evaluación final de este segundo trabajo (**Anexo**).

Del estudio de los resultados de la ficha de evaluación final se puede extraer la siguiente conclusión: el 85% de los alumnos/as entienden la ecuación de la energía potencial y el 15% presenta dificultades.

Con los resultados de la ficha número 2 y las contestaciones dadas a lo largo de las explicaciones se puede concluir que la mayoría de los alumnos conocen la forma de calcular la energía potencial, diferencian sus variables por separado pero en algunos casos les cuesta aplicar la fórmula en los problemas que les presentamos. Esta es una dificultad muy común en el área de matemáticas que depende, en la mayoría de los casos, más de dificultades en la comprensión lectora que en los conocimientos matemáticos.

Actividades (3.ª parte)

Actividad 5. ¿Dónde se va la energía?

Objetivos

- Aplicar lo aprendido sobre energía potencial.
- Comprender la transformación de las energías y sus usos prácticos.

Materiales:

Instrumento-grúa: trípode, motor, led, interruptores, pesos de 100 gramos cada uno, polea, cuerda y cronómetro.

Desarrollo

En colaboración con nuestro asesor del CFIE de Zamora construimos un instrumento-grúa con el que se aprecia claramente la transformación de la energía potencial que acumula un cuerpo que se eleva a una determinada altura con una grúa y que en su descenso, dependiendo del peso y de la altura, se transformará en energía luminosa, en energía eléctrica y en energía mecánica.

En primer lugar les explicamos a los alumnos qué materiales y cómo se ha realizado el aparato con el que iban a experimentar (**Imagen 8**). Se ha utilizado un trípode a una altura de 120 centímetros, allí se colocó un motor de un juguete que es el que transformaba la energía potencial en eléctrica, se le acoplaron unos interruptores y unos diodos con los que obtener la energía luminosa, a un lado se ha colocado una polea con un cable que será el que soporte el peso que vamos a colgar.



Imagen 8. Instrumento-grúa.

Se realizaron varias preguntas acerca de lo que era cada parte de la máquina y para qué serviría; los alumnos sí intuían, en su mayoría, que estaba relacionado con el uso de la energía potencial, puesto que observaron un objeto a cierta altura (**Anexo**).

A continuación pasamos a realizar la práctica con este aparato (**Imagen 9**). Colocamos una pesa de 100 gramos, apagamos la luz y dejamos caer el objeto que cuelga de la polea, los alumnos se quedan asombrados con lo que ven. El siguiente paso es explicarles el Principio de conservación de la energía: la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma.

Este experimento ha sido muy clarificador y han comprendido en qué se ha transformado nuestra energía potencial: en energía eléctrica, luminosa y mecánica.

En segundo lugar, aumentamos el peso, ahora de 200 gramos, observan lo que ya intuían, que, además de que cuesta más subirlo, la luz se ilumina con más intensidad.

Alguien señaló que el tiempo que tardaba en bajar el objeto también sería distinto puesto que modificamos la variable del peso.

Tienen claro y lo explican, que no toda la energía que se acumula en la subida será la que se aproveche como luminosa ya que habrá rozamiento, deformación, calentamiento y movimiento (energía cinética).



Imagen 9. Diferentes fotografías del experimento.

Actividad 6. ¡Aprovechamos la energía potencial!

Objetivos

- Observar la vida cotidiana buscando ejemplos sobre los aspectos trabajados.
- Aplicar lo aprendido sobre energía potencial.
- Identificar las variables de las que depende la energía potencial.
- Comprender el principio de conservación de la energía.
- Identificar distintas formas de transformar la energía para el uso diario.

Materiales

Instrumento-grúa y diversos materiales y objetos: camión, nueces, globos, el timbre de un juguete.

Desarrollo

Una vez comprendido el funcionamiento de la máquina (llamada grúa), de sus elementos, de las transformaciones de energía que realiza... hemos intentado buscar un uso para la vida diaria. Los alumnos/as comenzaron a pensar en qué se podría utilizar este instrumento en su día a día. Surgieron varias ideas y entre las más coherentes salieron estas:

- Se utilizaría como grúa que al llegar al suelo aplastara nueces: lo intentaron varias veces pero el peso al caer no tenía fuerza para lograr el objetivo lo cual les hizo pensar que necesitaríamos poner más peso en la bajada. Luego probaron con globos, pero se les iban volando al aplastarlos.
- Pensaron en utilizarlo como grúa y poner un camión debajo de forma que al caer el peso lo golpeará y saliera disparado iniciando su marcha. Lo intentaron varias veces pero no resultó porque el camión debía estar colocado en un punto muy concreto y no siempre funcionaba.
- El uso más útil y que funcionó mejor, fue el de poner un timbre en el suelo y cuando llegara el peso, con esa acumulación de energía, lo golpeará y lo hiciera sonar, los niños pensaron que sería la mejor forma de «avisar a los obreros de que la grúa había bajado algún objeto y que lo podrían recoger».

Actividad 7. ¡Somos maestros y maestras!

Objetivos

- Aplicar lo aprendido sobre energía potencial.
- Identificar las variables de las que depende la energía potencial.
- Diferenciar el concepto de masa (en kilogramos) del concepto de peso (en Newtons).
- Comprender el principio de conservación de la energía.
- Identificar distintas formas de transformar la energía para el uso diario.

Desarrollo

Como estamos convencidas de que nuestros alumnos/as ya tienen conocimientos suficientes para comprenderlo casi sin ayuda y explicarlo posteriormente, decidimos que sería buena idea que lo expusiesen a otras clases del centro, a las familias y alumnado de 1.º de la ESO del IES de Fuentesauco durante la semana de «la ciencia y la lectura» que celebramos en nuestro colegio del 18 al 22 de abril y fue un éxito.

Primero se les explicó a los alumnos el concepto de energía potencial, las variables de las que depende, los usos de la energía potencial, su transformación en otras energías y su aplicación a la vida diaria.

A continuación se les explicó a los padres que quisieron participar en la semana de «ciencia y lectura» y, por último, fue a un grupo del instituto como actividad de colaboración entre el colegio y el IES.

Esta actividad ha sido la mejor experiencia de evaluación de los conocimientos adquiridos, mejor dicho, de las competencias adquiridas en torno a la ciencia y más en concreto a la energía potencial y su transformación en otros tipos de energía.

Conclusión final

El objetivo fundamental que pretendíamos al comenzar estos trabajos era motivar a nuestro alumnado hacia la ciencia como algo divertido, sencillo de comprender y de aplicar y se ha cumplido con creces. Han hecho experimentos y los han compartido porque han visto que tenían una función práctica y real y se sentían muy orgullosos de transmitirlo.

En cuanto a la adquisición de nuevos contenidos ha sido impresionante como términos que creíamos que les iban a hacer *echarse para atrás* han conseguido motivarles a investigar.

Esta sensación de satisfacción que hemos tenido ha sido corroborada por los compañeros y compañeras del centro que han notado su actitud positiva hacia la ciencia y las familias de muchos de ellos y ellas que nos han comunicado que piden libros de ciencia, juegos de ciencia y que consultan cosas sobre la ciencia.

¿Podemos pedir algo más? Sí, seguir en esta línea.

Agradecimientos

En primer lugar nuestro agradecimiento al CFIE de Zamora que siempre ha estado ahí para lo que hemos necesitado, tanto materiales como formación y, sobre todo, a nuestro asesor don José Morocho que nos ha motivado en todas las etapas de este grupo de trabajo y por el material que en todo momento nos hemos encontrado listo y dispuesto para ser usado gracias a él.

Nuestro agradecimiento a El CSIC en la Escuela por saber transmitir, no solamente, todo lo que saben sino también su entusiasmo y por enseñarnos el valor de la ciencia en la escuela.

Agradecemos su paciencia a nuestros compañeros y compañeras del colegio a los que hemos «molestado» en muchos momentos para poder poner en práctica nuestros objetivos.

Agradecimientos a las familias de nuestros alumnos y alumnas que han colaborado en todo lo que les pedíamos y se han interesado por nuestro proyecto.

A los alumnos y alumnas que han participado, por su interés, paciencia y esfuerzo en el trabajo realizado a lo largo de este curso escolar.

Anexos

Los anexos de este trabajo pueden consultarse en: <http://www.csicenlaescuela.csic.es/proyectos/mecanica/experiencias/fuentesauco/anexos.pdf>

Referencias bibliográficas y recursos online

Ciencias de la naturaleza 4.º y 5.º de Primaria. Serie Investiga. Proyecto Saber Hacer. Editorial Santillana 2015. 167pp.

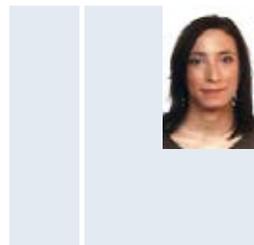
Energía Potencial. Cienciabit: Ciencia y Tecnología. [En línea]: <<https://www.youtube.com/watch?v=GIKEG-POSxE>>.

Energía potencial gravitacional. [En línea]: <<https://www.youtube.com/watch?v=STDjPg7aQIM&nohtml5=False>>.

Energías renovables: la energía solar

Verónica Alonso Velázquez

Maestra del CEIP José Galera Moreno



Palabras clave

Termómetro, calor, temperatura, grado centígrado, aislante.

Resumen

A través de este proyecto se pretende que nuestro grupo de alumnos/as puedan tener una mejor comprensión sobre las diferentes fuentes de energía renovables que nos rodean, centrándonos en la energía solar por ser una de las energías más «conocidas» para ellos y que está muy relacionada con sus intereses. Comenzaremos con el conocimiento y discriminación entre calor y temperatura, para continuar después experimentando qué elementos producen calor y cómo se comportan las moléculas de aire y de agua cuando se calientan. Concluimos con la construcción de un horno solar que nos ayude a descubrir e investigar sobre los usos de esta energía renovable.

Entorno

El proyecto se ha desarrollado en el aula de 5 años del CEIP José Galera Moreno. El colegio se localiza en la ciudad de Zamora, no muy lejos del centro.

El nivel sociocultural de las familias es medio-alto, en general, habiendo alguna excepción.

El aula está formada por 25 alumnos/as, 17 niños y 8 niñas. A nivel de desarrollo cognitivo y social cabe decir que es un grupo bastante homogéneo. Por lo que a la hora de dar sus respuestas todos los alumnos/as suelen coincidir, como veremos más adelante.

Conocimientos previos

El taller sobre energías renovables es muy novedoso para el grupo. Nunca antes se había desarrollado un proyecto similar en el centro, por lo que tenemos que partir de cero en cuanto al modelo molecular se refiere.

Lo primero que hemos hecho es presentar a nuestro grupo una serie de dibujos que hablan sobre diferentes tipos de energías renovables: energía eólica, energía solar, energía hidráulica, energía geotérmica y energía de las mareas, en contraposición con la energía fósil. Con esta toma de contacto hemos podido comprobar que han oído hablar un poco sobre diferentes tipos de energía.

Actividades

Actividad 1. «Caliente, caliente... frío, frío»

Objetivos

- Conocer el uso del termómetro y su unidad de medida.
- Relacionar los conceptos de calor y temperatura.

Materiales

- Botellas de plástico.
- Agua.
- Estufa.
- Termómetros.
- Tupperware.
- Hielo.
- Plastilina para estancar.

Desarrollo

Comenzamos la actividad con la lectura de un texto, el cual se discutirá después con los alumnos/as. El texto es el siguiente:

Es evidente que en verano no nos ponemos prendas de abrigo, ya que pasaríamos mucho calor. En cambio en invierno, sin la ropa adecuada, pasamos frío.

Tras la lectura se les formula esta pregunta: *los abrigos, los jerséis, las mantas... ¿dan, o no dan calor?*

- *Sí, dan calor porque mamá siempre me pone los guantes y la bufanda para que no tenga frío en el patio.*

- *Sí, dan calor porque, a veces, los jerséis y las chaquetas están hechas con lana que da calor.*

Después de escuchar todas sus respuestas, les mostramos los termómetros y les preguntamos si saben para qué sirven. *Para saber si tenemos fiebre*, es la respuesta de la mayoría. Se les comenta que es para saber la temperatura que tienen los cuerpos, los líquidos, las estancias... y les pasamos los termómetros para que vean las rayitas y los números que están a su lado. Seguidamente leemos la temperatura en el termómetro de la clase, estamos a 22 °C.

A continuación, se reparte a cada alumno/a una botella de plástico, que le ayudamos a rellenar con agua del grifo. Tras cerrarla hacemos un agujero en el tapón de la botella para introducir el termómetro. Seguidamente se estanca el tapón. Los alumnos/as toman la temperatura de la botella, la dicen en voz alta y la anotamos en la pizarra. Seguidamente, se acercan las botellas al radiador del aula.

Ahora pasamos a explicar con mayor detalle el proceso que hemos llevado a cabo en esta actividad.

Lo primero que hemos hecho es llenar una botella con agua del grifo, hemos apuntado la temperatura en la pizarra y después, *¿qué hemos hecho?*:

- *La hemos puesto al lado del radiador de atrás (de la clase).*

¿Y qué hace el radiador? ¿Para qué sirve?

- *Para calentar la clase y también la botella porque está cerca.*

¿Y qué es calentar?

- *Pues que da calor.*

Entonces, *¿qué ha ocurrido cuando hemos acercado las botellas al radiador?*

- *Que el agua de la botella se ha calentado.*

- *Y la botella también se ha calentado.*

- *Yo también me calenté cuando me puse al lado del radiador.*

- *Sí, se han calentados las dos cosas (la botella y el agua) porque están juntas al lado del radiador.*

¿Y qué pasó con la temperatura del termómetro, era la misma de antes? ¿Qué ha pasado?

- Que el termómetro tenía más temperatura.

- Lo rojo del termómetro ha subido más.

Continuamos comentando la segunda parte de la actividad.

El agua de la botella estaba más caliente porque la habíamos acercado al radiador, pero justo después metimos la botella en el *tupperware* con agua y unos cubitos de hielo.

Este agua fría, ¿estará más fría que la de nuestra botella, o más caliente?

- Más fría.

Y después del tiempo que hemos dejado pasar con la botella caliente dentro de esa agua, ¿qué paso?

- Que el agua de la botella se ha enfriado.

- Y también la rayita del termómetro se bajó y marcaba menos.

- Que como el agua fría estaba tocando el agua caliente que estaba en la botella, el agua que está en la botella se ha enfriado un poco.

Entonces, ¿qué hemos podido comprobar? Si acercamos la botella de agua a un objeto caliente como el radiador, la temperatura del termómetro...

- ... la temperatura del termómetro sube.

Y cuando acercamos la botella del agua a un objeto que está frío...

- ...la temperatura del termómetro baja.

De esta manera nuestros alumnos/as han conseguido relacionar temperatura y calor.

Actividad 2. «¡Voy a abrigarme!»

Objetivos

Descubrir que las prendas de lana son aislantes del calor.

Materiales

- Botellas de plástico.
- Agua.
- Estufa.
- Termómetros.
- Plastilina (para estancar).

Desarrollo

Se divide la clase en dos grupos. A cada grupo se le da dos botellas de plástico, prendas de lana (una pequeña bufanda), dos termómetros para medir la temperatura del agua de las botellas y un termómetro para medir la temperatura corporal. La actividad se va a desarrollar en el patio del colegio que está a una temperatura ambiente de unos 15 °C.

Ponemos a calentar las cuatro botellas al lado del calefactor. Mientras van cogiendo temperatura, varios alumnos/as se toman la temperatura. Tras conseguir la temperatura adecuada en cada botella, unos 36 °C, aproximadamente, cada grupo tapa una de las botellas que tienen asignada con prendas de lana (**Imagen 1**).

Dejamos que transcurran varios minutos, comprobamos de nuevo la temperatura de ambas botellas y anotamos los resultados en la pizarra junto con el de la temperatura corporal de los alumnos control. A continuación hacemos una puesta en común. *¿Qué ha pasado con la temperatura?*



Imagen 1. Botellas para el experimento.

- *Que el chico tiene la misma temperatura y la chica menos.*
- *Que como el chico tiene más ropa tiene la misma temperatura y la chica como no tiene nada le ha bajado la temperatura.*
- *Que el chico no se enfría porque está abrigado.*

¿Cuál es la que ha mantenido el calor? ¿La botella vestida o la desnuda?

- La vestida.

Entonces, ¿cuál será la función de las prendas?

- Darnos calor.

Entonces, ¿cuándo un objeto, como, por ejemplo, el radiador, nos da calor, qué es lo que pasaba con la temperatura?

- Que subía.

¿Ha subido la temperatura de la botella abrigada?

- No, no ha subido nada.

Entonces, ¿qué hacen las prendas de abrigo si no dan calor y como consecuencia de ello no sube la temperatura?

- Hacen que nuestro cuerpo no se quede frío, que no se vaya el calor que tenemos.

-Es decir, que nos ayudan a mantener el calor que tenemos.

Actividad 3. «¿Qué pasa con esta lata?»

Objetivos

Ayudar a comprender cómo se comportan las moléculas de aire con el calor.

Materiales

- Lata de refresco.
- Una pajita.
- Una goma.
- Un globo.
- Celofán.
- Lana.
- Un objeto de la clase.
- Un mechero.

Desarrollo

Construimos una grúa térmica con los materiales anteriormente descritos. En el extremo de la pajita, atado al cabo de la lana, pondremos una pieza de las que usan los niños/as para jugar con la plastilina.

Mostramos el resultado a nuestro alumnado y les preguntamos: *¿cómo está la membrana que hemos hecho con el globo?*

- Está echada.

- Está tapando la lata.

¿Toca la pajita el borde de la lata?

- Sí, la toca.

Ahora aplicamos calor con el mechero en la base de la lata y se puede observar cómo la membrana poco a poco se va hinchando (**Imagen 2**). Les volvemos a preguntar: *¿Qué está pasando ahora con la membrana?*

- Que se está hinchando.

- Se está hinchando el globo.

¿Toca ahora la pajita el extremo de la lata?

- No, no la toca.

- No, se ha levantado un montón.

¿Por qué creéis que ha subido la pajita con el juguete?

- Porque le has puesto un mechero debajo de la lata.

- Porque le has puesto calor.

¿Y por qué si le ponemos calor a la lata se sube el globo?



Imagen 2. Funcionamiento de nuestra grúa térmica.

- Porque el aire se ha calentado —sólo contesta un niño.

¿Y qué pasa cuándo el aire se calienta para que suba el globo?

Nadie sabe qué contestar. Por esta razón se les explica qué hay una cosa que se llaman moléculas y que constituyen el aire, que cuando están frías se mueven más lentamente que cuando se calientan. Con el calor aumenta su velocidad y ocupan más espacio, por eso la membrana del globo se hincha.

Actividad 4. Había una vez un barquito chiquitito

Objetivos

- Saber cómo funciona el barco de vapor.
- Profundizar y generalizar en qué ocurre con las moléculas (tanto de agua como de aire) cuando se les aplica calor.

Materiales

- Porexpán.
- Jeringuilla.
- Clips.
- Tubo metálico.
- Vela.
- Un contenedor con agua.

Desarrollo

Comenzamos esta actividad mostrando a los niños/as el barco de vapor, sobre todo, que comprueben que no tiene ningún mecanismo que lo hace funcionar.

Para ello, rellenamos el circuito del barco con una jeringuilla llena de agua, colocamos el barco en el contenedor, que antes hemos llenado, y lo ponemos a flotar. ¿Funciona el barco? ¿Se mueve?

- Flota.

- No se mueve.



Imagen 3. Nuestro barco de vapor.

Seguidamente, colocamos una vela encendida debajo de la espiral metálica para que caliente el agua del circuito. Esperamos un minuto y vemos como el barco comienza a navegar por el contenedor (**Imagen 3**).

¿Qué creéis que está pasando ahora?

- *Que se ha empezado a mover.*
- *Ahora se mueve por la vela.*
- *Sí, porque ahora la vela le está dando calor al barco.*

¿Qué está calentando la vela?

- *Eso de metal.*

¿Y qué le habíamos metido dentro del tubo metálico con la jeringuilla?

- *Agua.*

¿Entonces? ¿Qué pasa cuando la vela calienta el tubo?

- *Que también calienta el agua que está dentro.*
- *Que como el tubo se calienta, el calor también pasa al agua que hay dentro y se calienta también.*

¿Qué pasaba con las moléculas del aire cuando se calentaban?

- *Que se movían más rápido.*
- *Que cuando se calentaban estaban más separadas que cuando estaban frías que estaban más juntas.*

¿Y cabían todas dentro de la lata cuando estaban calientes?

- *No, se hinchaba el globo porque no cabían.*

Y, en el barco, ¿cabían todas las moléculas de agua dentro del circuito cuando se calientan o también se saldrán? ¿Qué pensáis?

- *Creo que pasa igual que con la lata que se tienen que salir porque no caben todas dentro.*

- *Sí, yo también creo que se salen.*

Entonces, ¿por qué se mueve el barco?

No son capaces de contestar a mi pregunta y se la contesto yo misma. Les explico que las moléculas del agua caliente ocupan más lugar porque se separan y que un poco de esa agua sale del circuito y se enfría. Como las moléculas de agua frías ahora ocupan menos lugar, entra otra vez agua fría hasta rellenar todo el circuito. Y así todo el tiempo. Cada vez que el agua caliente sale del circuito el barco se impulsa, por eso se mueve.

Actividad 5. «¿Por qué enfría el agua la jarra?»

Objetivos

- Conocer el comportamiento de las moléculas.
- Saber cómo enfría el agua el botijo.

Materiales

- Una jarra de barro sin barnizar.
- Una jarra medidora.
- Agua del grifo.
- Termómetro.

Desarrollo

A la llegada de los alumnos/as a la clase les mostramos la jarra de barro. Le pedimos a un niño que la rellene con el agua que hemos puesto en la otra jarra medidora. Después metemos el termómetro en la jarra de barro y leemos la temperatura que marca y la anotamos en la pizarra. La temperatura del agua es de 20 °C a las 9:00h de la mañana (**Imagen 4**).

Dejamos la jarra en una mesa que tenemos desocupada y les decimos que antes de marcharnos al patio (a las 12:00h) y un ratito antes de marchar para casa (sobre las 13:30h) miraremos el termómetro a ver qué es lo que pasa.



Imagen 4. Jarra de barro sin barnizar.

Antes de salir al patio le pedimos a una niña que saque el termómetro de la jarra y le ayudamos a leer la temperatura. A las 12:00h el termómetro marca 18 °C. Lo anotamos en la pizarra. *¿Qué ha pasado? ¿20 °C es más o menos que 18 °C?*

- *Que la temperatura del agua ha bajado.*

- *Sí, el líquido rojo del termómetro ha bajado.*

¿Por qué?

- *No lo sé.*

¿Se os ocurre alguna cosa?

- *No —contestan algunos niños/as.*

Una hora y media después volvemos a repetir la operación, el termómetro en este momento marca un grado menos, 17 °C.

Le pido a un niño que venga hasta la mesa y que huela la jarra que ahora está algo húmeda. Se pueden ver gotitas de agua en la mesa.

- *Huele a arena mojada, contesta.*

¿Por qué será?

- *Porque se está saliendo el agua de la jarra.*

Y les volvemos a preguntar: *¿y ahora se os ocurre algo por lo que baje la temperatura del agua?*

Un niño contesta:

- *Yo he pensado que como hace calor en la clase, las moléculas de agua caliente han salido un poco de la jarra, se han enfriado y han vuelto a entrar otra vez. Igual que como le pasaba al barco.*

¿Creéis que se está saliendo el agua?

- *Sí, porque la mesa está mojada.*

¿Y está entrando otra vez, como dice vuestro compañero? ¿Qué os parece?

- A mí no me parece que esté entrando como en el barco.

- Yo no creo que esté entrando.

¿Entonces?

- Que solo se sale.

¿Toda el agua se saldrá? Comprobamos que la jarra está prácticamente igual que al principio. Insistimos: ¿qué agua se sale?

- La que está más caliente.

¿Las moléculas de agua que están más calientes?

- Sí.

Así llegamos a la conclusión que las moléculas de agua más calientes salen por unos agujeritos como los que tenemos en la piel que se llaman poros. Y que dentro de la jarra de barro sólo quedan las moléculas de agua que están más frías.

Actividad 6. Construyo mi horno solar

Objetivos

- Conocer fuentes de energías renovables: energía solar.
- Cómo construir un horno solar casero.

Materiales

- 2 cajas de cartón, una de ellas con tapa y algo más grande que la otra.
- Papel de periódico.
- Papel de aluminio.
- Papel film transparente.
- Bandeja de porexpán.
- Pintura negra.

Desarrollo

En esta actividad comenzamos recordando algunas de los tipos de energía renovable de las que hablamos al principio del proyecto. Después pasamos a comentarles que vamos a usar una de ellas, en concreto la energía del sol.

Les mostramos los materiales y comenzamos a construir nuestro horno solar con elementos caseros.

Comenzamos poniendo sobre una mesa la caja de cartón más grande, que además tiene una hermosa tapa, y rellenamos la base con hojas de papel de periódico. Cuando ya la hemos cubierto, ponemos dentro la otra caja de cartón y seguimos metiendo hojas de papel de periódico por los laterales hasta que la caja quede completamente encajada. A continuación, cortamos varias piezas de papel de aluminio y las pegamos en la tapa hasta que quede totalmente cubierta. Después, metemos dentro de la caja una bandeja de pepsán que habremos pintado de negro para que absorba mayor cantidad de rayos solares (**Imagen 5**).

Y, por último, pondremos un bombón de chocolate sobre la bandeja para ver cómo se derrite, y la taparemos con film transparente.

Hemos optado por deshacer el bombón porque todavía el calor de estos días de primavera no es mucho. Cuando estemos más cerca del final del curso y el calor sea más intenso, intentaremos calentar una pequeña masa de empanadilla con algún ingrediente como tomate y atún.



Imagen 5. Nuestro horno solar.

Conclusiones finales

Se realiza a todos los alumnos/as una evaluación final para ver los conocimientos adquiridos por los alumnos/as. Dada la etapa educativa en la que se encuentra nuestro grupo, Educación Infantil, la evaluación se realiza de forma oral a través de una serie de preguntas que engloban y resumen todas las actividades presentadas en este proyecto. Del estudio de dichas evaluaciones se sacan las siguientes conclusiones:

- Todos los alumnos/as llegan a conocer el funcionamiento del termómetro y su unidad de medida (grado centígrado).
- Todos los alumnos/as saben diferenciar entre fuente de calor (radiador) y aislante (ropa).

- La mayoría, alrededor de un 90 % llega a comprender qué sucede con las moléculas de aire y de agua cuando estas se calientan o se enfrían.
- Todos los alumnos/as conocen alguna aplicación de las energías renovables en la vida cotidiana (horno solar).

Solo cabe destacar que debido a las características psicoevolutivas asociadas a la edad del grupo (cinco años) y que es la primera vez que toman contacto con la teoría molecular y el átomo, muestran cierta dificultad para conseguir llegar a algunas de las conclusiones asociadas a las actividades propuestas, necesitando mucho apoyo en las explicaciones.

Referencias bibliográficas

- ALONSO VELÁZQUEZ, VERÓNICA y RAMOS SÁNCHEZ LUIS FLORIÁN. *¡Abrígate, que hace frío!* Serie El CSIC en la Escuela. Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula. N.º 7. CSIC. 2013. 72 pp.
- MORENO GÓMEZ, ESTEBAN; GÓMEZ DÍAZ, M.ª J.; LÓPEZ SANCHO, JOSÉ M.ª; REFOLIO REFOLIO, M.ª DEL CARMEN. *Construcción y estudio de una máquina de vapor sin partes móviles.* Serie El CSIC en la Escuela. Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula. N.º 10. CSIC. 2014. 68 pp.
- Museo Virtual de la Ciencia del CSIC. *Barco de vapor (sin partes móviles) para el aula. Pop pop boat.* [En línea]: <http://museovirtual.csic.es/recursos/recursos_csic_escuela4.htm> [consulta: julio 2016].
- Museo Virtual de la Ciencia del CSIC. *Termoscopio casero (con una lata de refresco).* [En línea]: <http://museovirtual.csic.es/recursos/recursos_csic_escuela7.htm> [consulta: julio 2016].

¿Por qué flotó el Titanic?



Paqui Romero Muñoz*

Psicóloga y Especialista en Pedagogía terapéutica.
CEIP Guadalquivir. Mairena del Aljarafe. Sevilla

Palabras clave

Investigación, método científico, descubrimiento, flotación, densidad, fuerza de empuje, agua desplazada, Titanic, contexto histórico.

Resumen

A través de la historia del Titanic hemos ido desgranando no solo el contexto histórico y las causas económicas, políticas y sociales de su construcción, sino los principios científicos que explican la flotación de los cuerpos en un fluido.

Introducción

El trabajo que aquí se expone fue llevado a cabo en el CEIP Guadalquivir de Mairena del Aljarafe (Sevilla) en el programa Andalucía Profundiza.

Participaron 30 niños y niñas de 3.º, 4.º, 5.º y 6.º de Primaria provenientes de diferentes centros del Aljarafe sevillano y, en algunos casos, ha supuesto para los participantes su primer contacto con la ciencia y el método científico.

El proyecto lo hemos desarrollado entre mi compañera Maku Martín y yo. Han sido ocho sesiones de tres horas de duración cada una, durante cuatro meses, de marzo a junio.

Las diferentes edades del alumnado y, por tanto, los diferentes momentos evolutivos y de madurez cognitiva, y los distintos centros de los que provenían y, por tanto, los diferentes grados de aproximación al trabajo científico nos supuso un reto de partida para afrontar esta diversidad.

.....
* E-mail de la autora: paquiromu@gmail.com.

Partimos de los preconceptos que el alumnado tenía tanto del trabajo experimental como de los conceptos de fuerza y de flotación. Usando una metodología constructivista fuimos avanzando con la realización de experiencias que les permitieron ir construyendo conceptos como: masa, volumen, peso, densidad, gravedad, fuerza y el uso de vectores.

El alumnado de estas edades comprende el concepto de flotabilidad, hasta cierto punto, de forma sensitiva, por sus experiencias personales, pero se complica cuando los niños tratan de explicar ejemplos más complejos, como por qué un buque tan pesado como el Titanic pudo flotar en el agua. Los conceptos de densidad, peso y empuje pueden confundirlos; por lo que algunos experimentos previos con actividades simples de flotabilidad nos ayudaron a tener una mejor comprensión de todos los factores que intervienen en este concepto científico.

Es importante realizar todos los experimentos propuestos y en el orden en el que se presentan; pues conforman un recorrido didáctico mediante el cual el alumnado irá comprendiendo las diferentes variables implicadas en la flotación de los cuerpos en un fluido.

Una vez que el alumnado ha comprendido las variables implicadas en la flotación, lo llevamos a la práctica aplicándolo a un caso concreto como el del Titanic (**Imagen 1**).



Imagen 1. Maqueta-modelo del barco Titanic en el aula.

Marco de referencia

La historia del Titanic nos sigue fascinando aunque haga más de cien años de su desaparición. Fue concebido como el más grande y mejor dotado de su época. El barco insumergible le llamaban y, quizá, por eso la pregunta que siempre surge es ¿por qué se hundió el Titanic?

Nosotros le damos la vuelta a la famosa pregunta y nos planteamos su capacidad de flotación. Por eso, el título de nuestro proyecto fue: **¿por qué flotó el Titanic?**

Se puede iniciar con una presentación del tema en la que se cuente brevemente la historia del barco, sin dar muchos datos pero generando curiosidad, dejando dudas por resolver. Se anotan las preguntas que van surgiendo por parte del alumnado y también del profesorado, alguna que nos interese para que la historia sea completa.

Estas fueron algunas de las cuestiones que nuestro alumnado planteó:

- ¿Qué astilleros construyeron el Titanic?
- ¿En qué ciudad se construyó el Titanic?
- ¿Qué ingeniero lo diseñó?
- ¿Qué empresa era la propietaria?
- ¿Por qué esa empresa decidió construir un barco tan grande y costoso?
- ¿Cuánto medía de alto, ancho (o manga) y largo (o eslora)?
- ¿Cuántas calderas llevaba? ¿Cuántos motores?
- ¿A cuánta velocidad podía navegar?
- ¿Cómo consiguieron que un barco tan grande flotara?
- ¿Cuántas personas viajaban en el barco cuando se hundió?
- ¿Todos los pasajeros viajaban en las mismas condiciones?
- ¿Por qué motivos viajaban?
- ¿En qué fecha comenzó su viaje?
- ¿En qué fecha se produjo el naufragio?
- ¿Cómo se llamaba el capitán?
- ¿Cómo se llamaba el primer oficial?
- ¿Cuántos botes salvavidas llevaba el barco?
- ¿De qué murieron la mayoría de los pasajeros?
- ¿A qué profundidad se hundió el Titanic?
- ¿Dónde se hundió?
- ¿Cuántas personas consiguieron salvarse?
- Entre los fallecidos, ¿cuántas personas eran de primera clase? ¿Y de tercera clase?

Se repartieron las preguntas para que cada uno fuera aportando datos e ir completando la historia.

Paralelamente a las sesiones experimentales, nos pareció muy interesante que los niños y niñas investigaran sobre el contexto histórico en el que se construyó el Titanic. Hicieron un recorrido por el período comprendido entre las últimas décadas del siglo XIX hasta el inicio de la primera guerra mundial en 1914 y les ayudó a conocer diferentes aspectos de una época con grandes cambios para Europa: los factores de tipo político, económico y social que favorecieron el desarrollo de impor-

tantes compañías navieras que competían por la construcción de grandes barcos, una sociedad con fuertes diferencias de clase, situar ciudades como Belfast como centro neurálgico de la emigración europea durante muchos años, así como el sueño de cientos de emigrantes que soñaban con cambiar su destino en otros lugares.

Objetivos de nuestra investigación:

1. Fomentar las vocaciones científicas.
2. Formar al alumnado de Primaria en la utilización del **método experimental** para llevar a cabo una investigación.
3. Potenciar, en el alumnado, **destrezas** de planificación de tareas, análisis de datos, generar alternativas, trabajo en equipo y elaboración de conclusiones con sentido crítico.
4. Fomentar la **curiosidad**, la **creatividad** y el **rigor** necesarios para emprender un trabajo científico en el alumnado de Primaria.
5. Asimilar los conceptos básicos implicados en la capacidad de **flotabilidad** de los objetos en un fluido.

Recorrido didáctico

Para iniciar al alumnado en el método científico, pusimos especial empeño en el diseño experimental. Aprendimos a enunciar hipótesis que fueran precisas y cuantificables para su posterior verificación; a identificar, diferenciar y controlar los diferentes tipos de variables; obtener y registrar datos e interpretarlos; llegar a conclusiones de forma objetiva y rigurosa.

Aunque a cada cuestión planteada surgían multitud de hipótesis que íbamos registrando, en este artículo se incluye para cada experimento la hipótesis que al final se confirmaba, pues considero que para el profesorado que se anime a repetir estas experiencias en su aula puede ser más clarificador.

Antes de comenzar conviene asegurarse de que todo el alumnado diferencia con claridad los conceptos: masa, volumen y peso, por lo que dedicamos una sesión previa a este objetivo.

Partiendo de la Teoría molecular de la materia, es fácil mostrar qué es la masa. Si la materia está compuesta de átomos, que pueden representarse con canicas, a más átomos, más materia. El peso es una fuerza, la fuerza con la que la gravedad atrae a esa masa. El volumen no será otra cosa que el espacio que ocupe esa masa. Los átomos pueden estar muy juntos, y ocuparán menos espacio, o más separados, y ocuparán más espacio.

El alumnado debe visibilizar y palpar estos conceptos manipulando, representando gráficamente o con juegos de patio en los que ellos mismos simulan ser átomos (**Imagen 2**).



Imagen 2. Dramatización del comportamiento de las moléculas en distintos estados de la materia.

Actividad inicial

Iniciamos la primera sesión con una actividad introductora en la que el alumnado toma contacto con el tema y expone sus conceptos previos adquiridos de forma intuitiva. A través de preguntas y de resultados inesperados, se les generan dudas sobre lo que ellos creían al principio y esta situación de conflicto cognitivo les provoca gran curiosidad y ganas de seguir ahondando en el tema.

Material necesario

Un contenedor con agua y objetos cotidianos de diferente tamaño y peso: cucharas de plástico y de metal, vasos con tapa y sin tapa, clavos, piedras, trozos de corcho.

Desarrollo

Se divide a la clase en pequeños grupos de 5-6 niños/as.

a) Se les formulan algunas preguntas previas:

- ¿Qué es flotar? Todos tienen claro que un cuerpo flota cuando se queda en la superficie del agua.

- *¿Por qué hay cosas que flotan y otras que se hunden?* La gran mayoría responde que las cosas pesadas se hunden y las ligeras flotan. Algunos lo achacan al tamaño del objeto.
- *¿Por qué flotan los barcos de acero?* Esta pregunta genera cierto desconcierto, sobre todo a los que aseguraron que las cosas ligeras son las que flotan. Todos terminan asegurando que «flotan porque son muy grandes».

b) Se les da el material para que lo manipulen y clasifiquen en dos grupos. Los que creen que flotarán y los que no. Elaboramos dos listas y anotamos sus hipótesis sobre si flotarán o no.

c) Entregamos a cada grupo un recipiente grande lleno de agua y dejamos que experimenten con los diferentes objetos. Comprobamos sus hipótesis iniciales. Confirmar o reelaborar (**Imagen 3**).



Imagen 3. Experimentos de flotabilidad con distintos objetos.

d) Damos la siguiente consigna: *haced que los que han flotado se hundan y los que se han hundido, floten. ¿Cómo lo haréis? Anotad propuestas y comprobad.*

Recogida de datos

Cada grupo propone hipótesis y las va anotando en las tablas de recogida de datos (**Tabla 1**).

OBJETOS	FLOTARÁ PORQUE...	NO FLOTARÁ PORQUE...	¿HIPÓTESIS CONFIRMADA?
Piedra	--	Pesa mucho	Sí
Botella plástico	Pesa poco		Sí
Cuchara de plástico	Pesa poco		A veces flota y a veces se hunde

Tabla 1. Comprobación de hipótesis.

Cuando se les pide que hagan que floten los que antes se hundieron y viceversa, empezarán a intuir que hay más variables que influyen. La mayoría de los grupos descubren que si al vaso tapado se le quita la tapa, el vaso se llena rápidamente de

agua y se hunde. Igual ocurrirá con otros objetos en forma de cuenco. Solo algunos caen en la cuenta de que la cuchara de plástico se hunde o flota dependiendo de cómo la depositemos en el agua (**Tabla 2**).

¿CÓMO HACER QUE LOS QUE FLOTARON SE HUNDAN?	¿CÓMO HACER QUE LOS QUE SE HUNDIERON FLOTEN?
Si a la botella le quitamos el tapón	Si ponemos el tornillo sobre el corcho
Si metemos la cuchara de plástico de punta	Si al vaso le ponemos una tapadera
Si al cuenco le metemos varias piedras	Si metemos la piedra dentro de un cuenco
	Si ponemos la cuchara de plástico tumbada

Tabla 2. Mecanismos para flotar o hundir los objetos.

Es bastante probable que el alumnado concluya que los objetos que se hunden son aquellos más pesados y los que flotan son los más ligeros. Sin embargo, algunos objetos crearán dudas, como, por ejemplo, la cuchara de plástico que si la introducen verticalmente se hunde y si lo hacen horizontalmente flota.

No se les explicará nada, se quedarán con los interrogantes y sus hipótesis anotadas hasta que se realicen el resto de experimentos planteados.

El peso

Material necesario

- Un recipiente con agua.
- Un trozo grande de corcho blanco o de madera.
- Un tornillo grande o cualquier objeto que se aprecie fácilmente y que se hundirá.
- Naranjas, mandarinas.

Desarrollo

a) Mostramos el corcho y el tornillo: *¿qué flotará y qué se hundirá?* Todos tienen claro que el corcho flotará y el tornillo se hundirá.

Dejamos caer en el agua el trozo de corcho y el tornillo. Cuando el alumnado observa que, efectivamente, el corcho flota y el tornillo se hunde, todos lo asocian nuevamente al peso de cada objeto (**Imagen 4**).



Imagen 4. Experiencia con corcho y acero.

Como ya tenemos muy claro que el peso es una variable fundamental en la flotación, ponemos en nuestro panel de conclusiones un cartel con la palabra «PESO».

b) Se les muestra una naranja o mandarina: *¿creéis que esta naranja flotará o se hundirá?* Hay división de opiniones.

Para comprobarlo, cada grupo mete una naranja en el agua y observan que flota pero que solo una cuarta parte, aproximadamente, queda por encima de la superficie. *Si le quitamos la piel ¿pesará más o menos?* Lógicamente menos (se puede comprobar con una balanza). *Por tanto, ¿flotará mejor o peor?* Todos responden que ahora *flotará mejor y por encima de la superficie del agua quedará más naranja*. Cuando meten la naranja sin piel esta se hunde rápidamente (**Imagen 5**).



Imagen 5. Flotabilidad de una naranja.

Explicación (para el profesorado)

¿Cómo es posible? Al quitarle la cáscara a la naranja pesa menos pero el agua le entra entre los gajos y, además, entre la piel y la pulpa había una capa de aire que le ayudaba a flotar. Pero esto no se le aclarará aún al alumnado.

¿Tendríamos que quitar el cartel del «PESO» ya que no parece que el peso sea una variable a tener en cuenta?

¿Habrá alguna otra variable que haga que los objetos floten o se hundan?

Hemos descubierto que el peso no es la única variable que influye en la flotación de los cuerpos. Debemos seguir investigando, por tanto, con otros experimentos que otras variables afectan a la flotación.

El volumen

Material necesario

- Una bola de plastilina.
- Un recipiente con agua.
- Balanza de precisión.
- Canicas.
- Papel aluminio y clips metálicos.

Desarrollo

a) Se muestra una bola de plastilina y se pesa en la balanza: *¿creéis que la bola de plastilina flotará o se hundirá?*

A estas alturas algunos están algo confusos y hay disparidad de opiniones.

Se mete la bola en el agua y observan cómo esta se hunde. Se saca la bola y se moldea en forma de cuenco. *¿La plastilina pesa ahora más, menos, igual?*

A los más pequeños les puede costar un poco entender la permanencia de la masa y la variabilidad del volumen. Pesaremos la plastilina en forma de cuenco y observamos que pesa igual.

¿Qué ha cambiado en la plastilina? Todos contestan que la forma.

¿Al moldearla como cuenco, hemos quitado algunos átomos? No, por eso la masa sigue siendo la misma.

¿Tiene ahora el mismo volumen? No.

¿Y ahora, flotará o se hundirá? Cuando se mete en el agua se observa cómo flota.

¿Podemos entonces descartar que el peso no tiene nada que ver en la flotación? *Id poniendo canicas encima del cuenco de plastilina y observaremos cómo esta se acaba hundiendo (Imagen 6).*



Imagen 6. Experimentos de flotación con la plastilina.

Se les da una hoja de papel de aluminio, de unos 10 cm², junto con algunos clips. Se les pide que envuelvan bastantes clips en una bola de papel de aluminio, que la pesen y que la metan en el agua. Esta se hundirá. Luego se les pide que encuentren una manera de hacer que flote con los mismos materiales. Los niños se darán cuenta enseguida de cómo hacer un barco con el papel de aluminio, igual que se hizo con la plastilina, que contendrá los clips y este sí que flotará. Se pesa el barco de aluminio con los clips dentro para comprobar que el peso no ha cambiado, solo el volumen.

Hipótesis 1. El volumen de los cuerpos influye en la flotación.

Hipótesis 2. El volumen y el peso de los cuerpos influyen en la flotación.

Anotamos los resultados que se van obteniendo (**Tabla 3**).

	PESO	¿FLOTA?
Bolita plastilina	46 g	No
«Barco» de plastilina	46 g	Sí
«Barco» de plastilina con canicas	125 g	No
Bola de aluminio con clips	38 g	No
«Barco» de aluminio con clips	38 g	Sí

Tabla 3. Resultados del experimento.

Conclusiones

El peso no cambia cuando cambiamos la forma.

La plastilina y el papel aluminio en forma de bola se hunden. Cuando les damos forma de «barco» o cuenco, entonces flotan. Pero si vamos añadiendo más peso, con las canicas, llega un momento que también se hunde.

El peso y la forma de un objeto influyen en su flotación.

¿Habrá otras variables que influyan? ¿De qué forma?

Explicación (para el profesorado)

La plastilina flota según la forma que se le dé. La forma de cuenco, o barco, tiene mayor volumen y, por tanto, desplaza mayor cantidad de agua. El agua empuja hacia arriba todos los objetos que recibe y la fuerza de su impulso es igual al peso del agua que el objeto desplaza al hundirse. Una bola de plastilina desplaza una «bola de agua» pero, como la bola de plastilina es más pesada que la «bola de agua», se va al fondo. Por el contrario, la misma bola en forma de barca desplaza una canti-

dad de agua que es mayor que la anterior. La barca de plastilina es más liviana que la «barca de agua». En consecuencia, flota (**Imagen 7**).

Del mismo modo el barco de papel tiene más volumen que la bola de papel de aluminio, por lo tanto, hay más desplazamiento de agua y mayor fuerza de empuje hacia arriba.

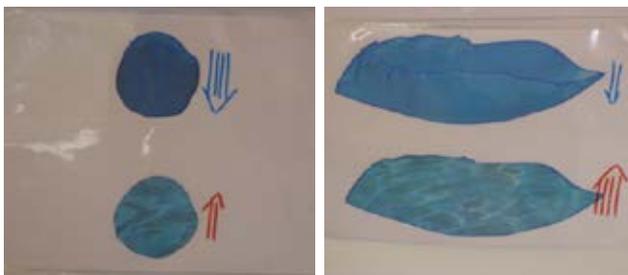


Imagen 7. Ilustración del peso y el empuje (representados por vectores azul y rojo, respectivamente) de la bola y el cuenco de plastilina y sus respectivos volúmenes de agua desplazada.

Agua que se desplaza

Material necesario

- Una bandeja grande para recoger el agua que se derrama.
- Un recipiente con agua hasta el borde.
- Un recipiente pequeño con graduación de su capacidad.
- Varios recipientes pequeños con diferente capacidad (a los que le hemos pegado con silicona caliente un palito en el fondo para sumergirlos mejor).
- Pinzas grandes para coger los objetos sumergidos.

Desarrollo

Colocamos el recipiente completamente lleno de agua hasta el borde, dentro de la bandeja.

¿Qué ocurrirá si meto el recipiente pequeño en el agua?

Introducidlo con cuidado para que no entre agua en el recipiente pequeño.

Observamos que el agua se derramará.

Lo mantenemos dentro hasta que deje de salir agua y usamos las pinzas para no introducir la mano pues la cantidad de agua desplazada sería mayor.

Recogemos el agua derramada en la bandeja y la ponemos en el recipiente pequeño observando que la cantidad de agua derramada es la misma que le cabe a este recipiente.

¿Habrá sido casualidad?

Repetimos varias veces con diferentes recipientes para comprobar que no ha sido casualidad y que esto siempre se cumple (**Imagen 8**).

Hipótesis: si introduzco un objeto en un recipiente completamente lleno de agua, ésta se derramará.

La cantidad de agua derramada será la misma que el volumen del objeto sumergido.

Recogemos los datos (**Tabla 4**).



Imagen 8. Distintas instantáneas del experimento.

	VOLUMEN DEL OBJETO	AGUA DESPLAZADA
Recipiente 1	250 ml	250 ml
Recipiente 2	120 ml	120 ml

Tabla 4. Datos recogidos durante la experiencia.

Conclusiones

La cantidad de agua derramada, o mejor desplazada, es siempre igual al volumen del objeto que introducimos. Los objetos con mayor volumen desplazan más agua.

Explicación

Arquímedes descubrió que un objeto totalmente sumergido desplaza siempre un volumen de líquido igual a su propio volumen.  Y de qué forma influye esto en la flotación?

Fuerza de empuje del agua

Material necesario

- Recipiente con agua.
- Trozo de corcho grande (aproximadamente del tamaño de la mano y un grosor de unos 5 cm)
- Dos vectores de diferente color y plastificados.

Desarrollo

Ponemos la palma de la mano sobre el corcho e intentamos hundirlo en el agua. Notarán que no es fácil y que da la sensación de que el agua «empuja hacia arriba».

¿Estoy ejerciendo una fuerza con mi mano para que el corcho se hunda? Sí.

¿En qué dirección ejerzo esa fuerza? Hacia abajo.

La fuerza se representa con un vector que se colocará en la dirección adecuada (abajo).

¿Hay una fuerza que empuja al corcho para que no se hunda? Sí.

¿En qué dirección? Hacia arriba.

La representamos con el otro vector (**Imagen 9**).



Imagen 9. Imágenes del experimento y situación aproximada de los vectores peso y empuje.

Hipótesis: el corcho no se hunde porque hay una fuerza que le impulsa hacia arriba y que contrarresta a su propio peso.

Conclusiones

Cuando pongo la palma de mi mano sobre el corcho, o sobre un globo, y tratamos de hundirlo, se nota una resistencia, algo que empuja mi mano hacia arriba.

Explicación

Esta fuerza de empuje es otra variable que influye en la flotación y por eso la colocamos en nuestro panel.

El primero en hablar del impulso del agua, fue el sabio griego Arquímedes, hace más de 2200 años. Por eso a esta fuerza se le llama impulso de Arquímedes. Al ser una fuerza se mide en Newton. Pero, ¿cómo podemos medir y cuantificar esta fuerza?

Principio de Arquímedes

Material necesario

- Un recipiente grande y otro pequeño.
- Objetos con diferentes formas y pesos.
- Balanza de precisión.
- Jarra medidora de líquidos.

Desarrollo

Metemos un recipiente dentro del otro y llenamos el recipiente interior hasta el mismo filo, vamos sumergiendo objetos uno a uno. Recogemos el agua derramada, en el recipiente más grande, y la echamos en la jarra medidora. Observamos la capacidad que indica la jarra y pesamos ese agua y después el objeto sumergido (**Imagen 10**).



Imagen 10. Instantáneas del experimento.

En función de estos datos: *¿flotará ese objeto?*

Comprobamos si este flotará o no.

Hipótesis: los objetos que pesen menos que el agua que se desplazan, flotarán. Los que pesen más, se hundirán.

Recogemos los datos (**Tabla 5**).

OBJETO	PESO OBJETO	PESO AGUA DESPLAZADA	¿FLOTARÁ?	CONFIRMACIÓN DE HIPÓTESIS
Vaso con quince piedras	300 g	250 g	No	Sí
Vaso con cinco piedras	103 g	250 g	Sí	Sí

Tabla 5. Tabla de datos para comprobar hipótesis.

Conclusiones

Cuando el peso del objeto es menor que el peso del agua que desplaza, este flota. Cuando es igual, el objeto se mantiene sumergido pero flotando en medio del recipiente.

Cuando el peso del objeto es mayor, se hunde. Añadimos a nuestro panel de conclusiones el siguiente cartel:

Peso del agua desplazada = fuerza de empuje

Explicación

En su tratado *Sobre los cuerpos flotantes*, el sabio griego propone el principio de hidrostática conocido como el Principio de Arquímedes y se enuncia así:

Todo cuerpo (objeto) sumergido en un fluido (líquido o gas), soporta un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del fluido que desplaza.

Arquímedes descubrió que, si el peso del objeto sumergido es mayor que la fuerza de empuje, el objeto se hundirá. Si el peso es menor que la fuerza de empuje, el objeto flotará en la superficie (**Imagen 11**).

¡Pues por fin entendemos por qué cualquier objeto grande y pesado puede flotar!: *¡es como una pelea de fuerzas; el peso empuja hacia abajo y el empuje hacia arriba!, ¡gana la fuerza más fuerte!*



Imagen 11. Alumnos midiendo con un dinamómetro el peso aparente (peso-empuje) de un objeto sumergido.

A estas alturas el alumnado estaba entusiasmado, pero... la intriga en ciencia nunca termina. ¿Conocemos ya todas las variables que influyen en la flotación? Vamos a realizar un experimento más.

Densidad de los líquidos

Material necesario

- Un jarrón de cristal cilíndrico.
- Miel, jabón líquido, agua, aceite y alcohol coloreado con colorante o ténpera.
- Varios clavos iguales y trocitos de corcho blanco de diferente tamaño.

Desarrollo

Comenzaremos a depositar en el jarrón la miel y después todos los demás líquidos, en el mismo orden que se indica anteriormente. Los vamos vertiendo con mucho cuidado.

Si utilizamos un jarrón grande podemos utilizar todos los líquidos y formaremos una vistosa torre de colores.

Los líquidos no se mezclan, como cabría esperar, sino que van formando capas superpuestas de diferentes colores (**Imagen 12**).

Clavamos en cada clavo un trocito de corcho blanco. Se van echando estos pequeños objetos de diferentes pesos y volúmenes y a ver qué ocurre. Algunos se quedarán flotando en el primer líquido; en cambio, otros atravesarán varias capas y quedarán flotando en las intermedias o se hundirán hasta el fondo.



Imagen 12. Torre con líquidos de distinta densidad.

Hipótesis 1: los líquidos no se mezclan sino que flotarán los unos sobre los otros.

Conclusiones

- Los líquidos flotan unos sobre otros sin mezclarse.
- Los clavos a los que se les pone mayor trozo de corcho flotan sobre el alcohol.
- Otros se sumergen en el alcohol pero flotan en el aceite.
- Otros con menos corcho se sumergen en el alcohol y en el aceite pero no en el agua.
- Los que llevan un trocito de corcho muy pequeño se hunden del todo.
- Añadimos al panel la variable: densidad del líquido.

Explicación

La densidad de los líquidos que hemos usado es la siguiente: alcohol 0,850 gr/ml; aceite 0,916 gr/ml; agua 1 gr/ml; jabón líquido 1,200 gr/ml; miel 1,400 gr/ml.

Esta diferencia de densidades es la que hace que unos floten sobre los otros sin mezclarse.

Pero, el alcohol y el agua si los ponemos juntos se mezclan: ¿por qué ocurre esto si tienen diferente densidad?, ¿por qué no ocurre lo mismo con el agua y el aceite?

Esto es porque los dos líquidos pueden disolverse entre sí con mucha facilidad, sin importar qué cantidad agreguemos de uno u otro. En el caso del agua y del aceite, la forma de las moléculas impide que se disuelvan entre sí, es decir, nunca podrán mezclarse o disolverse entre sí. Al no poder disolverse y tener diferentes densidades, el líquido menos denso flota por encima del más denso.

Los líquidos más densos ejercen mayor fuerza de empuje vertical y de abajo hacia arriba, por eso favorecen la flotación. Un clavo se hunde en el vaso al ser más denso y una bolita de corcho flota sobre el alcohol al ser menos densa.

Al clavar bolitas de corcho en los clavos logramos **densidades intermedias** y, por esto, algunos clavos se quedan flotando sobre el agua y otros sobre el aceite. Dependerá de la relación entre el peso del clavo y el corcho, el peso del volumen de agua que desplazan y la densidad del líquido que ejercerá mayor o menor empuje hacia arriba.

Densidad del agua

Material necesario

- Dos recipientes idénticos con igual cantidad de agua.
- Sal.
- Dos huevos de tamaño similar.

Desarrollo

Mostramos el huevo al alumnado.

¿Creéis que este huevo flotará o se hundirá? ¿De qué dependerá?

Se introduce el huevo en el agua y este se sumerge entero pero queda flotando a poca distancia del fondo. Después se introduce el otro huevo en el recipiente con agua salada y este flotará.

¿A qué se debe?

El alumnado no sabe aún que en el segundo recipiente hay agua salada.

Si ambos huevos pesan lo mismo, ¿por qué en un recipiente flotan y en el otro se hunde?

Ya el alumnado maneja los conceptos de peso, volumen, agua desplazada y densidad, empuje y la relación que hay entre ellos. Por eso sus respuestas son bastante acertadas.

El experimento anterior sobre líquidos con diferentes densidades les daba una buena pista y algunos niños y niñas, analizando el panel que recogía todas las variables, dedujeron que si las variables de peso y volumen y, por tanto, de densidad de los huevos estaban igualadas en ambos grupos, tendría que estar interviniendo la variable de la densidad del líquido en el que flotaban: *en el segundo recipiente no hay agua, es otro líquido que le da más empuje y por eso flota (Imagen 13).*

Hipótesis 1: habrá mayor flotación en el recipiente con agua salada.

Conclusiones

El huevo en agua se sumerge porque es poco densa, pero en el segundo recipiente flota.



Imagen 13. Flotabilidad de un huevo en agua dulce y salada.

Explicación

Tal y como algunos han intuido el segundo recipiente contiene un líquido más denso. Es agua pero más densa que la otra.

¿Cómo podemos conseguir esto? Sabemos que la densidad depende del volumen y de la masa.

¿El volumen de agua es el mismo? Sí.

Entonces habremos modificado su masa. ¿Cómo? ¿Se le han añadido átomos? Efectivamente, se le han añadido átomos de cloruro sódico (ClNa), que no es otra cosa que la sal común. No se ven porque se ha disuelto en el agua pero está ahí y aumenta la densidad del agua y, por tanto, ejerce mayor empuje. Por eso, en este recipiente el huevo flota más.

El empuje es el peso del fluido desalojado, así que la flotabilidad de un cuerpo va a estar condicionada por su volumen, su densidad y la densidad del fluido, ya que la densidad es la relación entre masa y volumen.

Para que un cuerpo flote, el empuje debe ser mayor que el peso de ese cuerpo, así que su densidad debe ser menor que la del fluido en el que está sumergido. Cuanto más denso sea el fluido, más se favorece la flotabilidad. El agua con sal tiene mayor densidad que el agua sin sal, por eso el huevo flota en el agua salada.

Curiosidad histórica: se dice que en el siglo XVI, cuando el tráfico de barcos entre España y América era muy intenso, un barco atravesó el océano Atlántico cargado en exceso de plata. Realizó el viaje con dificultades debido a este exceso de peso y, cuando al fin llegó a la península, se dirigió al puerto más importante, que en aquella época era el de Sevilla, y ante la sorpresa de sus tripulantes al llegar a Sanlúcar de Barrameda y entrar en el río Guadalquivir, el barco se hundió sin que nadie acertara a saber qué había ocurrido.

Y tú, ¿sabes por qué?

¿Por qué flotó el Titanic?

Material necesario

- Datos de las dimensiones del barco.
- Agua salada.
- Densímetro.

Desarrollo

El alumnado debe realizar antes las experiencias del tema sobre flotación para poder aplicar esos conocimientos al caso concreto del Titanic.

Dependiendo de la edad del alumnado, con los datos sobre las dimensiones del barco pueden averiguar su densidad total: averiguando el volumen y la masa del barco y aplicando la fórmula de la densidad:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}}$$

Con la ayuda de los densímetros pueden averiguar la densidad del agua salada. Al igual que ocurre con los diferentes océanos, el agua salada que preparemos variará su densidad dependiendo de la cantidad de sal que añadamos. En cualquier caso siempre va a ser mayor que la del agua dulce, que es **1**.

Comparando ambas densidades, verán que el Titanic era menos denso que el agua de mar y por eso flotaba.

Se recogen los datos (**Tabla 6**).

Recogida de datos

DATOS SOBRE EL TITANIC	
ESLORA	269 m
MANGA	28 m
ALTURA	18 m
PESO	46.328 Tn
VOLUMEN TOTAL DEL CASCO	135.576 m ³
LÍNEA DE FLOTACIÓN	11,5 m
VOLUMEN SUMERGIDO	86.618 m ³
VOLUMEN DE AGUA DESPLAZADA	86.618 m ³
DENSIDAD DEL AGUA DE MAR	1,027 gr/ml
FUERZA DE EMPUJE DEL AGUA DEL MAR	88.956 Tn
DENSIDAD DEL AGUA DE MAR	1,027 gr/ml
DENSIDAD DEL TITANIC	0,656 gr/ml

Tabla 6. Tabla de datos sobre el Titanic.

Explicación

El Titanic fue construido por los astilleros Harland and Wolf en Belfast (Irlanda del Norte). El ingeniero que lo diseñó fue Howard Andrews.

Su potencia, de cerca de 50 000 caballos de vapor, comunicaba fuerza a sus motores, que disponían de 3 hélices, y que gracias a sus 29 calderas de 5 metros de diámetro cada una, con un total de 159 hornos que consumían diariamente 650 toneladas de carbón, en los momentos más favorables, conseguía alcanzar una velocidad próxima a los 24 nudos (un nudo equivale a 181,8 m).

El Titanic con su inmenso volumen desplazaba una gran cantidad de agua. A pesar de su peso, era menos denso que el agua. Todo el barco estaba hueco. Además, los ingenieros se aseguraron de esto colocando 16 enormes compartimentos estancos en la parte más baja del barco, con lo que su densidad total disminuyó aún más. Por eso le llamaban «el barco insumergible».

Podía flotar con cualquier par de compartimentos estancos contiguos inundados e, incluso, podía mantenerse a flote hasta con los cuatro primeros o los cuatro últimos compartimentos anegados. Esta disposición estaba pensada para resistir los

daños provocados por cualquier colisión imaginable. Desgraciadamente la noche del accidente se rompieron los cinco compartimentos de proa y el hundimiento fue inevitable.

¿Por qué se hundió el Titanic?

Material necesario

- Perfil de aluminio en forma de U de 48 cm de longitud.
- Cartón pluma y cola.

Desarrollo

Vamos a realizar la maqueta del sistema de compartimentos estancos que tenía el Titanic en la parte baja de su casco. Estos compartimentos aumentaban su capacidad de flotación pues disminuían su densidad total.

Cortamos 17 cuadrados de cartón pluma de 4 centímetros de lado. Pegamos dos en los extremos y el resto dentro del perfil cada 3 centímetros.

Al ponerla en el agua, flota perfectamente. Si inundamos dos compartimentos contiguos no ocurre nada. Tampoco se hunde si inundamos los cuatro últimos de cualquier extremo. Pero si vamos inundando uno a uno, los cinco compartimentos de un extremo, se hundirá realizando el mismo movimiento que hizo el Titanic: se hundirá lentamente el extremo inundado, en un momento dado se hundirá más rápido y hará que el otro extremo se levante bruscamente para luego hundirse definitivamente toda la estructura (**Imagen 14**).

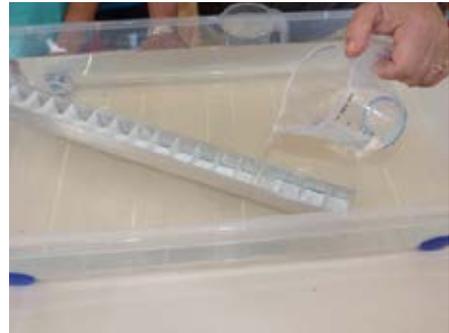


Imagen 14. Inundamos los compartimentos de nuestro modelo.

Explicación

El viaje comenzó el día 10 de abril de 1912 con 2207 personas a bordo, 1309 de las cuales eran pasajeros. En la noche del 14 al 15 de abril, cuando quedaban veinte minutos para medianoche, el Titanic chocó con un iceberg que no detectaron hasta que estaba tan cerca que fue imposible evitarlo.

El capitán era Edward James Smith, marino de gran experiencia a punto de jubilarse tras 35 años de intachable servicio. El primer oficial se llamaba Willian Murdoch, estaba de guardia en el instante en que se produjo el accidente. Tuvo

un papel heroico pues en décimas de segundo tomó decisiones que evitaron que el choque fuese más violento. Ordenó cerrar las puertas de los 16 compartimentos, frenar las máquinas (que iban a excesiva velocidad), dar marcha atrás y girar. El gigantesco barco fue bordeando el obstáculo pero no se pudo evitar el choque con el iceberg. Este abrió una brecha en el casco, no fue un gran agujero pero saltaron los remaches (aún no se había inventado la soldadura) de los cinco primeros compartimentos, estos se abrieron y el agua los inundó.

Estaban tan convencidos de que el Titanic era indestructible que el rescate de los pasajeros no comenzó hasta 40 minutos después. Solo llevaban 16 botes salvavidas pues la ley no preveía un barco tan grande y además quitaron algunos de los que había en principio para dejar más espacio en la cubierta de primera clase para que el pasaje pudiera pasear más cómodamente.

En la cubierta de estribor el oficial Murdoch obligó a llenar completamente todos los botes con mujeres, niños y también hombres. En la cubierta de babor algunos botes iban casi vacíos pues se prohibió subir a los hombres.

La mayoría de las personas fallecidas en el accidente viajaban en tercera clase y el 90 % no murió por ahogamiento sino por congelación. El agua estaba a una temperatura entre 0 ° y -0,5 ° centígrados. Una persona de complejión media solo puede aguantar con vida entre 20-25 minutos a esta temperatura.

Dos horas y cuarenta minutos después del choque, el Titanic se sumergía completamente a 6000 metros de profundidad bajo las aguas del océano Atlántico, frente a Terranova.

Cuando el Carpathia, el barco que oyó la llamada de socorro del telégrafo, llegó al lugar del accidente solo pudo rescatar a 714 personas. Habían muerto 1493 personas entre pasajeros y tripulación.

¿Por qué flota un iceberg?

Material necesario

- Trozos de hielo y un recipiente con agua.
- Moléculas de agua fabricadas con goma EVA.

Desarrollo

Al investigar sobre el accidente del Titanic descubrimos un «pequeño detalle»:

El barco chocó contra un enorme iceberg: ¿de qué están formados los icebergs?

- De hielo.

Pero, ¿el hielo flota?

Lo comprobamos con cubitos y observamos que efectivamente el hielo flota sobre el agua.

¿Cómo es posible? El hielo está hecho de agua y, al estar en estado sólido, ¿tendría más o menos densidad que el agua en estado líquido? Cuando el agua se congela aumenta de volumen y por eso las botellas en el congelador estallan.

Gracias a lo que ya sabemos sobre la estructura molecular, fácilmente llegamos a la conclusión de que, al congelarse el agua, sus moléculas se deben colocar de alguna manera tal que ocupen más espacio, tenga más volumen y, por eso, su densidad sea menor. Efectivamente, simulamos con nuestras manos y después con las moléculas que hicimos con goma EVA, la estructura hexagonal que adoptan las moléculas de agua cuando se congelan y que hacen que el hielo sea menos denso que el agua y, por tanto, pueda flotar sobre ella (**Imagen 15**).



Imagen 15. Dramatizamos la disposición de las moléculas de agua en el hielo.

En general, los sólidos se contraen al congelarse, pero en el agua no es así. ¿Por qué?

Explicación

Esta circunstancia resulta ser fundamental para la vida en la Tierra.

Las capas de hielo que se forman en mares, ríos y lagos paradójicamente protegen del frío a todos los seres vivos subacuáticos pues aunque la temperatura ambiental sea extremadamente baja (hasta $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$), el agua de la superficie transformada en hielo mantiene constante su temperatura en $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Y el agua del fondo queda protegida térmicamente del exterior y puede alcanzar los 4 ° o $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, que son suficientes para la supervivencia de ciertas especies.

Además, al concentrarse en la superficie, el hielo está más expuesto a los rayos solares, siendo mayor la posibilidad de que se funda por efecto del Sol. Si fuera al contrario y el hielo fuese más denso, se hundiría y dejaría expuesta al frío al agua

de la superficie, que se congelaría y se depositaría en el fondo a su vez, lejos de los rayos solares que la podrían fundir. Las reservas acuáticas del planeta estarían casi todas congeladas sin permitir gran parte de la vida que conocemos.

Por último, si el hielo se hundiera, arrastraría al fondo a todos los peces y algas que hubiera en esas aguas, destruyendo toda la biodiversidad de las mismas.

Construir maquetas del Titanic

Material necesario

- Corcho blanco.
- Goma EVA.
- Cartulinas.
- Pintura acrílica y pegamento.
- Tuercas gruesas o cualquier objeto pequeño y pesado.

Desarrollo

El alumnado puso en práctica sus conocimientos sobre los principios que rigen la flotación de los cuerpos en los fluidos y su capacidad creativa para realizar una maqueta del barco. Eligieron los materiales y elaboraron un diseño previo del barco, después lo adornaron a su gusto (**Imagen 16**).

Algunos de los modelos flotaban pero se volcaban hacia un lado. Para aumentar la estabilidad les pegaron en el fondo del casco del barco tuercas gruesas.



Imagen 16. Distintas maquetas del Titanic elaboradas por alumnos.

Construir submarinos

Material necesario

- Botella de plástico con tapón.
- Dos cañitas.
- Globo.
- Cinta adhesiva.
- Piedras o tuercas pesadas.

Desarrollo

En las últimas sesiones algún niño planteó el caso de los submarinos:

- *Si un barco flota porque tiene menos densidad que el agua, ¿qué ocurre con los submarinos, que a veces flotan y a veces se hunden? ¿Cómo lo hacen?*

Nos pareció una cuestión interesante.

Abrimos un agujero en el tapón de la botella de un diámetro suficiente para que pueda pasar la pajita. Sujetamos el globo al extremo de la pajita que quedará dentro de la botella. Introducimos la pajita por el extremo del globo, sellamos con pegamento cualquier fuga y la fijamos a la tapa, dejando un trozo del otro extremo fuera de la botella.

Ahora realizamos 5 agujeros, de 1 cm de diámetro, en uno de los costados de la botella. Luego, en el mismo costado en donde se encuentran los agujeros pegamos las piedras o tuercas con ayuda de cinta adhesiva, sin tapar los agujeros.

En un recipiente bastante ancho colocamos la botella sobre la superficie en forma horizontal. Una vez hecho esto, la botella se hundirá rápidamente cuando el agua le entre. Si soplamos por la pajita, el submarino se elevará de nuevo.

Explicación

En el primer instante, el submarino flota porque su densidad es menor que la del agua. A medida que el agua va entrando, la densidad del submarino aumenta y termina por hundirse.

Cuando soplamos por la pajita, el globo se infla y expulsa parte del agua del interior de la botella, nuevamente la densidad de nuestro submarino decrece y eso hace que vuelva a flotar (**Imagen 17**).

Este principio es el que utilizan los submarinos reales para sumergirse o emerger del agua.



Imagen 17. Funcionamiento de nuestro submarino.

Agradecimientos

Al Equipo de El CSIC en la Escuela por brindarnos una magnífica formación y medios para la difusión de nuestro trabajo.

A Consuelo Palacios, asesora de referencia de nuestro centro, por su valiosa ayuda en lo profesional y su ejemplo de valentía, optimismo y profesionalidad en lo personal.

Gracias al CEIP Guadalquivir de Mairena del Aljarafe (Sevilla) y todo su profesorado por su apoyo, colaboración y ánimo constante.

Gracias a mi compañera y amiga Maku Martín por su ayuda constante y a su marido Rafa Pascual por haber sido el «ingeniero de cabecera» de este proyecto.

Pero, sobre todo, mi agradecimiento a los niños y niñas que trabajaron en este proyecto, por su alegría y entusiasmo contagioso, así como a sus familias por su colaboración.

Referencias bibliográficas

EGOCHEAGA, N. y SAMPEDRO, L. *Mecánica y flotación en Educación Infantil*. Serie El CSIC en la Escuela, N.º 8. 61-84. CSIC. 2013.

FERREIRO OLIVA, J. y GÓMEZ GIRALDEZ, M. *Conocimiento del Medio 05*. 2009

RUBÍN TORRADO, A. C.; CASTELLANOS SERNA, N.; SANZ RODRÍGUEZ, M. *Investigamos las fuerzas: mecánica y flotación*. Serie El CSIC en la Escuela, n.º 11. 29-48. CSIC. 2014.

Recursos digitales para el profesorado

Aplicaciones al aula sobre la flotación llevadas a cabo por docentes. El CSIC en la Escuela. Ciencia en el Aula. Flotación. [En línea]: <<http://www.csicenlaescuela.csic.es/proyectos/flotacion/experiencias/el.htm>>.

Cuestiones técnicas sobre el Titanic. *Naukas*. *La ciencia del Titanic*. [En línea]: <<http://naukas.com/2012/04/14/la-ciencia-del-titanic/>>.

Contexto histórico. *National Geographic*. *Emigrantes a bordo del Titanic*. [En línea]: <<http://nationalgeographic.es/titanic/emigrantes-a-bordo-del-titanic>>.

Cómo funciona un barco: la flotación y el principio de Arquímedes. Museo Virtual de la Ciencia del CSIC. [En línea]: <<http://museovirtual.csic.es/profesores/flotacion/fl19.htm>>.

Recursos digitales para el alumnado

Submarino. YouTube. [En línea]: <<https://www.youtube.com/watch?v=NgeEwtMgtso>>.

Maqueta del hundimiento. YouTube. [En línea]: <<https://www.youtube.com/watch?v=0llqSQvH-fE>>.

Recreación del hundimiento. YouTube. [En línea]: <<https://www.youtube.com/watch?v=0llqSQvH-fE>>.

El empuje. YouTube. [En línea]: <<https://www.youtube.com/watch?v=SNlkow9kpwg>>.

Las fuerzas me acompañan



María Etelreda López Nieto*

Maestra del CEIP Tierra de Pinares Mojados Valladolid

Palabras clave

Fuerza, energía, electricidad, magnetismo, educación.

Entorno

La localidad de Mojados se encuentra situada a 26 km al sur de Valladolid, junto a la carretera nacional 601 (Adanero-Gijón), más conocida como carretera de Madrid. El término municipal tiene una superficie de 46,02 km². Mojados pertenece a la comarca denominada «Tierra de Pinares», que se extiende también por las provincias de Ávila, Segovia y Soria, constituyendo una sola unidad geográfica y natural situada en la cuenca del río Duero. La población en Mojados ha estado siempre en línea ascendente. A comienzos del siglo XX contaba con 1051 habitantes, en el año 1950 aumenta a 1837, llegando en la década de los 90 a los 2000. El municipio creció mucho en los últimos años del siglo XX y primeros del XXI debido a su cercanía con Valladolid y a la expansión de las urbanizaciones externas, se alcanzan los 2500, en el año 2006, 3000 habitantes y en el año 2015 con 3295.

Actualmente el centro cuenta con 182 alumnos. De ellos, aproximadamente 30 pertenecen al grupo de 4.º (9 y 10 años), divididos en 4.ºA y 4.ºB. Siempre que se puede, en Ciencias Naturales, juntamos las dos clases para poder disfrutar de los experimentos que tanto les gustan. En este caso, únicamente la clase de 4.ºA ha participado en la experiencia, por motivos organizativos. Contamos, por tanto, por 15 alumnos.

Introducción

La inclusión de experimentos dentro de la asignatura de Ciencias Naturales es fundamental, ya que los alumnos interiorizan los conceptos de una manera manipulativa, a través de la experiencia. Es necesario experimentar para llegar a conclusiones propias y desarrollar, de esa manera, una capacidad de ver más allá de la

.....
* E-mail de la autora: ethellopez@msn.com.

teoría del libro de texto, llegando incluso a discutir aquellos preconceptos establecidos de manera errónea por diversos motivos, estableciendo nuevos modelos que sirvan al alumno para sus futuros aprendizajes.

Con el apoyo incondicional de El CSIC en la Escuela y el CFIE de Zamora; así como el de los compañeros y compañeras tanto de Zamora como de Valladolid, esto se ha llevado a cabo, gracias a la ilusión y al amor por la ciencia que tanto mis alumnos como yo profesamos a diario. Es por ellos por lo que continúo esforzándome cada día; para que los futuros científicos españoles den lo mejor de sí mismos a esta sociedad necesitada de ciencia.

Las experiencias, que se desarrollan en este proyecto y que describo en este y en los dos siguientes capítulos, se han realizado con los que han sido mis alumnos durante cuatro años, con pequeñas variaciones en cuanto al número de alumnos, ya que algunos han cambiado de provincia y otros han llegado a este municipio recientemente. Aún así, podría decirse que el 83 % de los alumnos han formado parte del proyecto desde mi incorporación al centro, lo que me ha permitido seguir una línea clara en la asignatura de Ciencias Naturales, siguiendo siempre que se ha podido, el método científico.

Conocimientos previos

Como ya he mencionado previamente, de los 15 alumnos, el 13,3 % se han incorporado en este curso por diversas razones, y el 86,7 % restante ha sido reubicado en las dos clases al pasar a este curso y así hacer dos grupos más homogéneos; pero de una forma u otra, han participado activamente en las sesiones dedicadas a experimentar con la ciencia durante los tres años anteriores, por lo que puedo decir que el 86,7 % de los alumnos tiene experiencia previa con esta metodología.

De hecho, de los cuatro alumnos que participaron en un encuentro científico, exponiendo nuestro «Simulador de Aire Tridimensional», cuya imagen ha sido usada en encuentros en varias ocasiones, dos han participado en esta actividad y la mitad de los alumnos participaron en una «ponencia» impartida a varios miembros de El CSIC en la Escuela durante una visita de los mismos a nuestro Centro.

Además, este año, estamos publicando en nuestro blog, La Piña 3.0, nuestro «Diario Científico», en el que se recogen los distintos experimentos se plasman por escrito para trabajar la lectoescritura.

Objetivos

- Conocer qué es fuerza y qué es energía.
- Conocer qué tipos de fuerzas existen.
- Conocer cómo se producen las fuerzas y algunos de sus efectos.
- Adquirir y usar el vocabulario relacionado con el tema y sus manifestaciones, para poder dialogar y mantener una opinión de forma oral o escrita, basándonos en el método científico.
- Exponer de forma oral sus ideas, defendiéndolas en forma de hipótesis.
- Aceptar las críticas de los compañeros de una manera constructiva como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Rebatir las hipótesis de los compañeros de una forma respetuosa.
- Aceptar el error como parte necesaria del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Adquirir la idea de fuerza y energía, aprender sus formas y transformaciones.
- Aplicar la teoría aprendida sobre el comportamiento de la fuerzas y completar las hipótesis de los resultados de experimentos simples.
- Sentir las fuerzas a través de los experimentos.

Contenidos

- Fuerza.
- Energía.
- Comportamiento de la materia frente a las fuerzas.
- Fuerzas de atracción y repulsión.
- Respeto por los materiales usados en clase.

- Uso y disfrute del método científico.
- Conocimiento y aplicación de estrategias matemáticas para resolver problemas.
- Conocimiento y uso de las TIC de manera responsable para realizar investigaciones y mantener contacto vía mail con el resto de la clase.
- Uso de estrategias para procesar, entender y aplicar la información recogida en la investigación.
- Participación activa en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Aprecio por la belleza de la naturaleza en el día a día.

Metodología

Empezaremos presentando a los alumnos la nueva unidad didáctica, con ayuda de un *Power Point*, en el que se presentan de forma motivadora los diferentes aspectos relacionados con la unidad didáctica a la que hacemos referencia. Dicha presentación se realiza siguiendo los conceptos establecidos en el currículum oficial para el 4.º curso de Educación Primaria y teniendo en cuenta las características particulares de cada uno de los alumnos. Se busca que el *Power Point* sea un aliado del maestro, un elemento motivador que facilite la labor docente y predisponga a los alumnos a aprender de una manera natural.

Esta presentación se elabora con tiempo suficiente para establecer una temporalización más que adecuada y respetar el ritmo de aprendizaje de los alumnos; a la vez que se dedican ciertas sesiones para la investigación, dentro de este marco, una vez que se ha explicado la teoría.

De esta manera, se intercala teoría, investigación, realización de actividades escritas y uso de las TIC tanto por parte del alumnado como por parte del maestro, cumpliendo los objetivos establecidos.

El papel del alumno es totalmente activo, siendo el protagonista indiscutible de la actividad.

Se agruparán a los alumnos en 4 grupos, atendiendo a las características individuales de cada uno de ellos, de manera que en cada grupo exista un número de entre tres y cuatro niños, con diferentes capacidades, para que el resultado individual de cada grupo, sea, al final, el mismo para todos.

La tutora forma parte activa del proceso de enseñanza-aprendizaje, a la vez que controla que todo el proceso sea llevado a cabo de una forma tranquila y sin alborotos propios de la edad.

Actividades

Actividad 1. «Conocemos las fuerzas»

Objetivos que se pretenden

Establecer las bases para poder construir nuevos conceptos a partir de los conocimientos previos de los alumnos y a través de la experiencia.

Materiales necesarios

- Ficha.
- Lápiz.
- Goma de borrar.
- Sacapuntas.
- Ficha.

Desarrollo

Se organiza a los alumnos en cuatro grupos homogéneos y se les distribuye en el aula; ocupan todo el espacio disponible para que no se interrumpan entre ellos.

Se les presenta la ficha (**Anexo 1**) para valorar los conocimientos previos que tienen sobre el tema. Tras deliberar varios minutos, los alumnos rellenan la ficha y la entregan a la maestra para su puesta en común.

Conclusiones

Existe confusión con los conceptos al comienzo de la sesión. La mayoría de los alumnos desconocen los tipos de fuerzas que existen y no son capaces de definir los conceptos de manera correcta. El desarrollo de la sesión se realiza de manera correcta: la exposición oral y el posterior debate son el centro de la actividad. De manera oral, los alumnos se dan cuenta de los preconceptos erróneos que han expuesto. Considero que se han cumplido los objetivos de la actividad (**Anexo 2**).

Actividad 2. «La fuerza me acompaña»

Objetivos que se pretenden

Demostrar la existencia de fuerzas por los efectos que producen.

Materiales necesarios

- Globos.
- Electroscopio casero.
- Dinamómetro para maletas.
- Juguete con muelle y ventosa.
- Imanes de neodimio.
- Ficha para dibujar las fuerzas (**Anexo 3**).

Desarrollo

Para demostrar la existencia de la energía eléctrica, usaremos un globo y el electroscopio casero que hemos fabricado con un vaso de vidrio, un tornillo, hilo de coser, cinta adhesiva y papel de aluminio. Al frotar el globo con el pelo y acercarlo al electroscopio, las cargas eléctricas inducen a las del electroscopio y producen una fuerza de repulsión que hace que las dos láminas de papel de aluminio se separen. Queda pues, demostrado, que existe una fuerza que separa las láminas de papel de aluminio (**Imagen 1**).



Imagen 1. Fuerzas de repulsión eléctrica en nuestro electroscopio.

Para demostrar la existencia de las fuerzas magnéticas, usaremos varios imanes de neodimio, envueltos en papel de burbujas para proteger los dedos de los alumnos y de la maestra, ya que estos imanes tienen una gran fuerza y podrían hacer daño. Los alumnos experimentan con los ojos cerrados las fuerzas de repulsión, que empujan su mano, y las fuerzas de atracción, que les «roban» de la mano los imanes. También experimentan la atracción que los imanes ejercen a las virutas de un estropajo de níquel cortado en pedacitos y situado en una caja de quesitos. La fuerza magnética atraviesa el cartón de la caja y mueve las virutillas de níquel (**Imagen 2**).



Imagen 2. Atracción de virutas de níquel con un imán.

Queda pues, demostrada la existencia de fuerzas magnéticas, tanto de atracción como de repulsión.

Para demostrar la existencia de la gravedad, usamos un artefacto que consta de un muelle y una ventosa. Cuando la ventosa se adhiere a la plataforma, el artefacto se encuentra en equilibrio, pero la fuerza que ejerce el muelle hace que el artefacto salte bruscamente y caiga de nuevo al suelo. De esta manera, los alumnos llegan a la conclusión de que aparecen las fuerzas en sentido contrario y no hacia arriba y hacia abajo, como hasta ahora venían diciendo; ya que el artefacto saltó de manera accidental hacia la puerta. Además, tiramos distintos objetos al aire y verificamos que siempre caen al suelo.

Por último, con ayuda de una balanza para medir la masa de las maletas, pudimos notar la fuerza de la gravedad que tiraba de una mochila de uno de los compañeros y medir la masa de la mochila.

Conclusiones

Los alumnos son conscientes de la existencia de las fuerzas a través de la experiencia realizada. Les ha servido para notar las fuerzas y darse cuenta de que, a pesar de no poder verlas, se sienten, nos empujan, tiran de nosotros: los objetos saltan, caen. Se puede medir con instrumentos cuánta fuerza hay que hacer para levantar un objeto. Se han cumplido los objetivos que se pretendían con la actividad (**Anexo 4**).

Actividad 3. «Los efectos de las fuerzas»

Objetivos que se pretenden

Demostrar la existencia de fuerzas por los efectos que producen.

Materiales necesarios

- Una pelota.
- Un limpiapipas.
- Una bolsa de plástico.

Desarrollo

Con ayuda del *Power Point* y la pizarra digital (en adelante, PDI), se presenta a los alumnos la teoría, ya estructurada, sobre los efectos de las fuerzas y, posteriormente, con la diapositiva en la PDI, se realizan los pertinentes experimentos: se demuestra así que los objetos se deforman (limpiapipas), se rompen (bolsa de plástico), comienzan a moverse (la maestra lanza la pelota a la alumna que se sienta en la última fila), los objetos se detienen (la alumna sentada en la última fila para la

pelota con las manos, deteniendo la trayectoria) y, por último, que los objetos en movimiento cambian de trayectoria (un alumno golpea la pelota que la maestra le ha lanzado, tratando de desviar diagonalmente la trayectoria de la pelota).

Conclusiones

Tras experimentar los efectos de las fuerzas, los alumnos entienden lo ocurrido al limpiapipas y lo relacionan con el hecho de que sea un material flexible (visto en el tema anterior de CCNN), no siendo así la bolsa de plástico, que se rompe al aplicarle la fuerza. También explican el cambio de dirección de una pelota y son capaces de imaginar dónde irá la pelota al golpearla. Se han cumplido los objetivos que se pretendían con la actividad.

Actividad 4. «Tipos de fuerzas»

Objetivos que se pretenden

- Diferenciar entre fuerzas de contacto y fuerzas a distancia.
- Conocer la existencia de fuerzas de atracción y fuerzas de repulsión.
- Conocer las fuerzas eléctricas y magnéticas.
- Conocer la fuerza de la gravedad.

Desarrollo

Se pide a los alumnos que, por grupos, elaboren un esquema, a partir de sus conocimientos previos, y de los experimentos que han realizado los días anteriores, sobre los tipos de fuerzas que conocen (**Imagen 3**).

Cada grupo debate y escribe sus conclusiones en la ficha de recogida de datos (**Anexo 5**).

Por turnos, cada grupo sale a exponer sus deliberaciones, y el resto de la clase les escucha, mantienen el respeto y el silencio, mientras cada grupo muestra sus mapas conceptuales.



Imagen 3. Grupo de trabajo.

Conclusiones

Aunque la mayoría de los alumnos han corregido algunos preconceptos erróneos, no son capaces de situar las fuerzas correctamente en el mapa conceptual, ya que algunos de ellos han consultado el libro de texto en casa, y esto ha influido en las

respuestas de los compañeros de grupo, que no han sabido dar una explicación razonada, por no haber interiorizado el concepto previamente. El hecho de poder hacer varios mapas conceptuales diferentes con distinto criterio de selección, hace que esta actividad resulte especialmente difícil de asimilar para la mayoría de los alumnos. Llego a la conclusión de que no son capaces de entender que se pueden organizar los conceptos siguiendo diferentes criterios (fuerzas de repulsión-atracción, por su origen eléctrico, gravitacional o magnético, etc.). No obstante, al hacer la semejanza con la forma de clasificar a los animales, algunos alumnos manifiestan que sí lo entienden y que el libro de texto contiene datos erróneos. Por lo tanto, se puede afirmar que no todos los alumnos han alcanzado los objetivos de esta actividad en este momento.

Al repasar la teoría e incluir otro tipo de experimento (planos inclinados), los alumnos con dudas entendieron que la gravedad también actúa con los objetos en contacto con un plano inclinado y no solo a distancia, como pone en el libro de texto. Se debe seguir trabajando este aspecto y esperar a que la madurez de los alumnos les permita entender este concepto tan abstracto, como son las fuerzas.

Conclusiones finales

Podemos consultar una valoración final en el **Anexo 7**.

El siguiente cuadro (**Tabla 1**) muestra el cumplimiento de los objetivos:

OBJETIVOS CUMPLIDOS	SÍ	NO	EN PROCESO
Conocer qué es fuerza y qué es energía	X		
Conocer qué tipos de fuerzas existen	X		
Conocer cómo se producen las fuerzas y algunos de sus efectos	X		
Adquirir y usar el vocabulario relacionado con el tema y sus manifestaciones, para poder dialogar y mantener una opinión de forma oral o escrita, basándonos en el método científico	X		
Reforzar y ampliar el concepto de energía, sus formas y sus fuentes	X		
Exponer de forma oral sus ideas, defendiéndolas en forma de hipótesis			X
Aceptar las críticas de los compañeros de una manera constructiva como parte del proceso enseñanza-aprendizaje			X
Rebatir las hipótesis de los compañeros de una forma respetuosa			X
Aceptar el error como parte necesaria del proceso enseñanza-aprendizaje			X
Adquirir la idea de fuerza y energía, aprender sus formas y transformaciones	X		

OBJETIVOS CUMPLIDOS	SÍ	NO	EN PROCESO
Diferenciar entre fuerzas de contacto y fuerzas a distancia			X
Conocer la existencia de fuerzas de atracción y fuerzas de repulsión	X		
Conocer las fuerzas eléctricas y magnéticas	X		
Conocer la fuerza de la gravedad	X		
Aplicar la teoría aprendida sobre el comportamiento de la fuerzas y completar las hipótesis de los resultados de experimentos simples	X		
Sentir las fuerzas a través de los experimentos	X		

Tabla 1. Grado de cumplimiento de objetivos de las actividades.

Agradecimientos

Estas experiencias se enmarcan dentro del desarrollo de la clase de Conocimiento del Medio, por lo que debo agradecer la realización a las siguientes personas:

- Al CEIP Tierra de Pinares y el equipo de personas que lo forman.
- El equipo de El CSIC en la Escuela.
- Al CFIE de Zamora y al grupo de trabajo del que formamos parte junto con los compañeros de Zamora y Valladolid.
- A los padres y madres de los alumnos que han colaborado en este proyecto.
- A los alumnos participantes en el proyecto. Sin ellos, sin su ilusión y ganas por aprender y por su pasión por la ciencia, esto no habría sido posible.

Anexos

Los anexos de este trabajo pueden consultarse en: [<http://www.csicenlaescuela.csic.es/proyectos/mecanica/experiencias/pinares/anexos.pdf>]

Referencias Bibliográficas y Enlaces

Definiciones. [En línea]: <<http://definicion.de>> [consulta: mayo 2016].

Ciencia en el aula: mecánica. El CSIC en la Escuela. [En línea]: <<http://www.csicenlaescuela.csic.es/proyectos/mecanica/experiencias/el.htm>> [consulta: mayo 2016].

R.D. 126/2014 de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria.

Ley 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la Calidad Educativa (LOMCE).

La luz y la energía



María Etelreda López Nieto*

Maestra del CEIP Tierra de Pinares. Mojados. Valladolid

Palabras clave

Luz, energía, rayo, color, reflexión, refracción, espectro.

Resumen

Se describen una serie de actividades enmarcadas en un proyecto de investigación sobre la luz, en el marco de la asignatura de Ciencias Naturales. El proyecto no está aislado y se complementa con otros dos, uno sobre la naturaleza de las fuerzas y otro sobre los conceptos de calor y temperatura.

Introducción y objetivos

Este proyecto se ha llevado a cabo con 30 alumnos de 4.º de Educación Primaria del CEIP Tierra de Pinares. Para conocer el entorno social, los conocimientos previos y la metodología utilizada os remito al capítulo anterior. Solamente indicar que al tratarse de un grupo de alumnos tan numeroso, se organizaron por grupos para poder realizar cinco experiencias simultáneas y economizar, así, al máximo el tiempo y los recursos materiales.

Los objetivos a alcanzar en este trabajo fueron:

- Adquirir la idea de luz como energía, aprender sus formas, transformaciones y fuentes de energía que producen luz.
- Conocer las características de la luz como fuente de energía, cómo se produce, se disemina y algunos de sus efectos.

.....
* E-mail de la autora: ethellopez@msn.com.

- Entender las características de la luz y cómo la materia se comporta frente a la luz.
- Adquirir y usar el vocabulario relacionado con la luz y sus manifestaciones, para poder dialogar y mantener una opinión de forma oral o escrita, basándonos en el método científico.
- Aplicar la teoría aprendida sobre el comportamiento de la luz y completar las hipótesis de los resultados de experimentos simples.

Contenidos

- La luz como forma de energía.
- Propagación de la luz.
- La luz: sus características y efectos.
- Las fuentes luminosas, naturales y artificiales.
- La descomposición de la luz.
- Comportamiento de la materia frente a la luz: objetos opacos, transparentes y translúcidos.
- La luz y los colores: el arco iris.
- La contaminación lumínica.
- Cómo construir un disco de Newton.
- Energía: formas y fuentes. El Sol como principal fuente de energía.
- Reflexión y sus propiedades: los espejos.
- Refracción y lentes, tipos y usos.
- Respeto por los materiales usados en clase.
- Uso y disfrute del método científico.

- Conocimiento y aplicación de estrategias matemáticas para resolver problemas.
- Conocimiento y uso de las TIC de manera responsable para realizar investigaciones y mantener contacto vía mail con el resto de la clase.
- Uso de estrategias para procesar, entender y aplicar la información recogida en la investigación.
- Participación activa en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Aprecio por la belleza de la naturaleza en el día a día.

Actividades

Actividad 1. «La luz se mueve en línea recta»

Objetivos que se pretenden

Demostrar que la luz se mueve en línea recta.

Materiales necesarios

- Pajitas.
- Tijeras.
- Una hoja de papel.
- Punteros láser.
- Linternas.

Desarrollo

En primer lugar, tras distribuir a los 30 alumnos en cuatro grupos, procedemos a bajar las persianas para poder percibir mejor la luz de los punteros láser y de las linternas.

En cada grupo, un alumno sujeta una pajita y otro, con el puntero láser, intenta conseguir que la luz atraviese la pajita, y se proyecte en la pared: para demostrar la teoría de que la luz viaja en línea recta (**Imagen 1**).



Imagen 1. Experimentos con láser.

En uno de los grupos, el láser dejó de funcionar de manera repentina, por lo que se decidió sustituir el láser por una linterna de luz blanca, y la pajita por una hoja de papel enrollada a modo de cilindro, con lo que el efecto era más o menos el mismo.

Cabe destacar que en los grupos en los que se utilizaron las pajitas, los alumnos detectaron dibujos «extraños» en la pared, y no puntos, como habría sido lo esperado, por lo que esto ha provocado otro experimento para explicar la difracción.

Los alumnos doblaron las pajitas y comprobaron que el punto rojo desaparecía de la pared, con lo que entendieron que la luz no se podía propagar de esa manera.

El grupo de alumnos, que tuvo problemas con el puntero láser y optó por el folio con la linterna, también llegó a la misma conclusión que el resto de los compañeros.

Conclusiones

Queda demostrado que la luz se transmite en línea recta. El 100 % de los alumnos lo entienden y así lo afirman. Los datos recogidos se muestran en el **Anexo 1**.

Actividad 2. «Hacemos visible el láser»

Objetivos que se pretenden: demostrar que láser no existe solo en la pared, sino que la luz del láser viaja por distintos medios, aunque no lo podamos ver.

Materiales necesarios

- Puntero láser.
- Colonia en spray.
- Borrador con polvo de tiza.
- Barreño de agua transparente.
- Agua del grifo.
- Leche.

Desarrollo

Este experimento ha sido desarrollado de tres formas distintas, dando en las tres el mismo resultado.

En la primera, hemos proyectado el láser hacia el techo, donde los alumnos han localizado el punto rojo. La maestra ha rociado sobre la trayectoria colonia en spray, haciendo visible el rayo láser, desde su origen hasta su proyección en el techo. A los pocos segundos, dicha trayectoria ha desaparecido.

En la segunda, hemos proyectado el láser sobre el techo y la maestra ha soplado polvo de tiza del borrador, con lo que el rayo láser ha vuelto a hacerse visible el tiempo que las partículas han estado en suspensión.

Por último, hemos puesto agua en el recipiente transparente y, tras demostrar que el rayo del láser no es visible en agua, hemos añadido unas gotas de leche. Hemos encendido el puntero y el rayo se ha vuelto visible. Se ha procedido a recordar a los alumnos que los rayos se hacen



Imagen 2. Visualización de la trayectoria rectilínea de un rayo láser.

visibles cuando los fotones chocan con objetos (gotas, partículas de polvo) muy pequeños, y que en este caso, las gotitas de leche chocaban con el láser y, de esta manera, podíamos ver su trayectoria rectilínea (**Imagen 2**).

Conclusiones

El 100 % de los alumnos han entendido la actividad, por lo que se cumple el objetivo de la misma. Ficha de recogida de datos en el **Anexo 2**.

Actividad 3. «Luces y sombras»

Objetivos que se pretenden:

- Demostrar que la sombra siempre se produce en el lado opuesto a la fuente de luz.
- Distinguir entre objetos opacos, translúcidos y transparentes.

Materiales necesarios

- Proyector.
- Linterna.
- Objetos para proyectar sombras.

Desarrollo

Se ha procedido a entregar ciertos objetos a los grupos, para que pudieran analizarlos, haciendo preguntas como: *¿de qué material es? ¿De qué color? ¿Qué forma tiene?*

Una vez que los alumnos de cada grupo habían analizado los objetos que tenían encima de sus mesas, hemos procedido a colocarlos entre la fuente de luz (proyector) y la superficie de proyección (la pantalla blanca de la PDI). Cada objeto, producía una sombra diferente, de acuerdo con sus características físicas. Han ido nombrando los objetos transparentes, opacos y translúcidos correctamente a medida que se les iban mostrando. Estos conceptos se habían explicado previamente en la teoría del *Power Point*, y con este experimento se pretendía materializar la teoría en algo práctico y divertido (**Imagen 3**).



Imagen 3. Proyección de sombras.

Actividad 4. «Jugamos con los colores de la luz blanca»

Objetivos que se pretenden: descomponer la luz blanca con ayuda de un prisma.

Materiales necesarios

- Prisma de vidrio.
- Distintas fuentes de luz.
- Pantalla blanca sobre la que proyectar.

Desarrollo

En esta actividad, se les presenta un prisma de vidrio, ya que nunca habían visto uno, y se les permite familiarizarse con el material unos minutos a cada uno de los grupos.

Los alumnos son capaces de reconocer el cuerpo geométrico que tienen en las manos, ya que se trata de uno de los conceptos ya trabajados en matemáticas, por lo que es más fácil trabajar esta actividad.

Se procede a colocar el prisma entre la fuente de luz (en un primer momento se utilizó la luz del proyector) y la superficie blanca, que de nuevo, al igual que en la actividad anterior, era la pantalla de la PDI, y el resultado es un perfecto arco iris, con todos los colores. Esto es debido a que la luz blanca se descompone con ese espectro de luz, haciéndose visible de forma muy clara.

Se utilizó también otra fuente de luz (en el segundo caso, la luz procedente de la ventana), pero el espectro de luz no era de la misma claridad que el del primer experimento (**Imagen 4**).

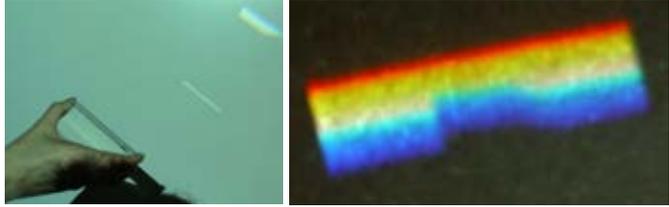


Imagen 4. Visualización de la trayectoria rectilínea de un rayo láser.

Conclusiones

Con este experimento queda reflejado de manera evidente que la luz se «separa» en los colores del espectro con la ayuda de un prisma. También puede suceder este fenómeno tras la lluvia, cuando las gotas de agua ejercen de prisma, dando lugar al arco iris.

Actividad 5. «Jugamos en la refracción: doblamos un lápiz»

Objetivos que se pretenden: comprender la refracción de la luz.

Materiales necesarios

- Un vaso con agua.
- Diversos objetos rectos como lápices, bolígrafos, pinturas, etc.
- Cuaderno.

Desarrollo

Se le entrega a un grupo el material antes mencionado, para que lo examinen, se familiaricen con él, y puedan hablar, debatir e imaginar lo que se va a hacer con ese material.

A continuación, se les recuerda a todos la teoría en la que se basa cada experimento, sin dar demasiados detalles, pero sí encaminándoles a recordar los conocimientos previos, para dar la explicación al experimento.

Se les indica que introduzcan en el vaso con agua uno de los objetos que tienen encima de la mesa (lápices, ceras de colores, pajitas, bolígrafos) y que observen lo que pasa. Además, deberán dar la explicación científica, haciendo referencia a la teoría explicada previamente en el *Power Point*.

Los niños observan que el lápiz parece «roto por la superficie del agua», pero cuando sacan el lápiz, comprueban que el lápiz está entero. Tras probar con varios utensilios diferentes, entre todos llegan a la conclusión de que el lápiz aparece roto porque la luz cambia de dirección al pasar del aire al agua y, por eso, «el lápiz parece que cambia de dirección también, aunque está entero».

Una alumna pregunta si pasará lo mismo con el bote de varias capas (aceite, miel, agua y aire) que tenemos en la ventana, con lo que procedemos a comprobarlo, y otra vez vemos que la pajita en este caso parece «rota en cada superficie de las capas». Por la misma razón que antes, la luz cambia su velocidad y dirección con cada capa y con cada densidad.

Conclusiones

Los alumnos entienden que la refracción es el cambio de dirección de la luz al pasar a un medio con distinta densidad que el anterior, de una manera práctica. La totalidad de los alumnos afianzaron los conceptos trabajados con esta actividad.

Actividad 6. «Jugamos en la refracción: flechas que cambian de tamaño»

Materiales necesarios

- Un vaso de cristal.
- Aceite de girasol.
- Un papel blanco con dos flechas dibujadas.

Desarrollo

Se le entrega a un grupo el material antes mencionado, para que lo examinen, se familiaricen con él, y puedan hablar, debatir e imaginar lo que se va a hacer con ese material.

A continuación, se les recuerda a todos la teoría en la que se basa cada experimento, sin dar demasiados detalles, pero sí encaminándoles a recordar los conocimientos previos, para dar la explicación al experimento.

En este caso, a este grupo se le entrega el vaso vacío, con las dos flechas pegadas por la parte posterior que son visibles desde el frente.

Al echar el aceite, la imagen de las flechas cambia y, tras debatir, se llega a la conclusión de que:

- «Se ve bastante más grande la flecha que ha quedado sumergida en aceite que la que está en el aire, porque el aceite ejerce de lupa y agranda las cosas».
- «Es por la refracción».
- «La luz cambia de dirección al pasar del aire al aceite y, por eso, la de abajo se ve como más gorda» (**Imagen 5**).



Imagen 5. Refracción en aceite.

Conclusiones

Los alumnos entienden que la refracción es el cambio de dirección de la luz al pasar a un medio con distinta densidad que el anterior, de una manera práctica. La totalidad de los alumnos afianzaron los conceptos trabajados con esta actividad.

Actividad 7. «Jugamos en la reflexión»

Objetivos que se pretenden

Comprender la reflexión de la luz.

Materiales necesarios

- Puntero láser.
- Espejos.
- CD viejos.

Desarrollo

Se le entrega a un grupo el material antes mencionado, para que lo examinen, se familiaricen con él, y puedan hablar, debatir e imaginar lo que se va a hacer con ese material.

A continuación, se les recuerda a todos la teoría en la que se basa cada experimento, sin dar demasiados detalles, pero sí encaminándoles a recordar los conocimientos previos, para dar la explicación al experimento.

A este grupo en concreto se les entrega el material anteriormente citado, pero se les advierte del peligro del láser y se les pide que sean responsables con el material y con la salud y seguridad de los compañeros. Se les pide que apunten con el láser en el espejo y que busquen dónde ha ido la proyección: descubren que el láser se proyecta en el techo.

Entre todos los alumnos llegan a la conclusión de que están observando el fenómeno de la reflexión, que no es otra cosa que el cambio de dirección de la luz al no poder atravesar los objetos opacos: «rebota hacia atrás».

Una alumna pregunta:

- *Entonces, si esto pasa en los objetos opacos, ¿cómo es posible que yo me vea un poco reflejada en el cristal de la ventana?*

A lo que otra alumna le contestó:

- *Es que el cristal está sucio y es menos transparente que cuando está limpio.*

Conclusiones

Con esta actividad, los alumnos han llegado a conclusiones que no estaban previstas, pero que demuestran que están adquiriendo de manera real los conceptos que se pretenden adquirir con la realización de estas actividades.

Actividad 8. «Jugamos en la reflexión y ángulos»

Objetivos que se pretenden: comprender la reflexión de la luz y su implicación en el terreno de las matemáticas.

Materiales necesarios

- Puntero láser.
- Espejos.

Desarrollo

Se le entrega a un grupo el material antes mencionado, para que lo examinen, se familiaricen con él, y puedan hablar, debatir e imaginar lo que se va a hacer con ese material.

A continuación, se les pide que apunten con el láser al espejo y analicen el ángulo que se forma. Los alumnos van variando el ángulo de entrada del láser con respecto al espejo y van tomando datos para después explicar lo que ha sucedido.

Conclusiones

Con esta actividad, los alumnos han comprendido de manera práctica los conceptos de ángulo de incidencia y reflexión del rayo láser; incluso, pueden medirlo con un transportador de ángulos y enlazar esta actividad con los tipos de ángulos que se estaba estudiando en Matemáticas.

Actividad 9. «Practicamos con lentes y láser»

Objetivos que se pretenden

- Comprender la reflexión y refracción de la luz.
- Ser capaz de inferir el comportamiento de la luz en ciertos entornos.

Materiales necesarios

- Punteros láser.
- Lentes.
- Espejos.
- Papel, lápices de colores y bolígrafos.

Desarrollo

En esta segunda sesión tan solo ha participado la clase de 4.ºA, ya que por motivos de organización, no ha sido posible juntar las dos clases. Enseñaremos a los alumnos nuestros punteros láser y las diferentes lentes, permitiéndoles que se familiaricen con el material durante unos minutos.

Después de eso, dividimos a la clase en tres grupos para poder aprovechar el tiempo al máximo; cada grupo se hará cargo de un experimento, que podrá exponer al resto de la clase, dando su opinión y poniendo en común cada conclusión a la que se llega (**Anexos**).

Se les entrega el «artefacto» con el que cada grupo va a trabajar: se le muestra el puntero láser triple y su comportamiento ante una de las lentes, como ejemplo al grupo-clase (**Anexo 1**). Una alumna hace su propia predicción sin que se le pida, mientras se les iba dando la información previa. Dicha predicción se puede ver en el anexo 1. Es realmente interesante analizar el documento para darse cuenta de cómo la alumna va descubriendo y cambiando de idea, cambiando los preconceptos erróneos tras la reflexión. Esta alumna ha participado anteriormente en un encuentro científico. A continuación se les pide que dibujen la trayectoria del láser, utilizando la lente que se les ha entregado y teniendo como referencia la demostración que se hizo previamente.

Cada grupo realiza las siguientes predicciones y anotaciones (**Tabla 1**):

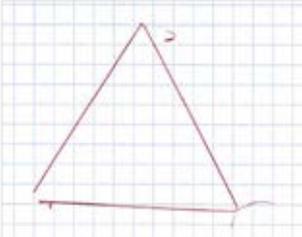
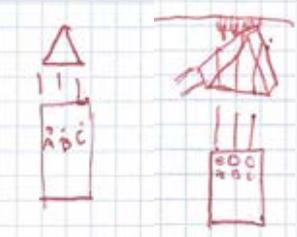
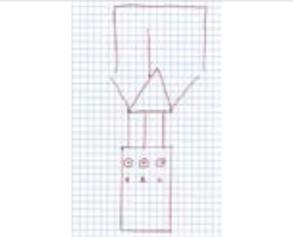
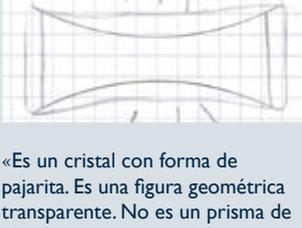
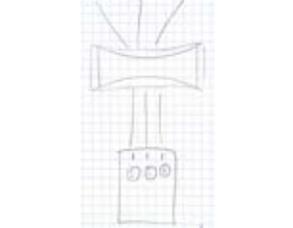
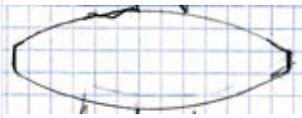
		
<p>«Es un cuerpo geométrico. Es metacrilato, triangular y no se descompone»</p>	<p>Predicción: «Saldrá el color del láser y puede que salga la forma del triángulo»</p>	<p>Dibujo tras comprobación</p>
		
<p>«Es un cristal con forma de pajarita. Es una figura geométrica transparente. No es un prisma de Newton, la luz no se descompone en colores. Es translúcido y a la vez transparente»</p>	<p>Predicción: «La luz se va a reflejar»</p>	<p>Dibujo tras comprobación</p>
	<p>No hacen dibujo</p>	
<p>«Es un cuerpo geométrico en forma de óvalo. Es translúcido y transparente»</p>	<p>Predicción: «La luz del láser va a cambiar de dirección porque esta cosa tiene curvas»</p>	<p>Dibujo tras comprobación</p>

Tabla 1. Predicciones de comportamiento ante la luz de distintos objetos (prisma triangular, lente divergente y lente convergente).

Conclusiones

Tras observar las respuestas y las predicciones de este grupo y hacer una comparativa con las fotos reales de los anexos, se llega a la conclusión de que aún no tienen clara la trayectoria que el láser va a seguir (lo esperado, ya que aún no tienen los conocimientos necesarios para ello), pero que sí son capaces (algunos) de prever un cambio de dirección en la trayectoria del láser.

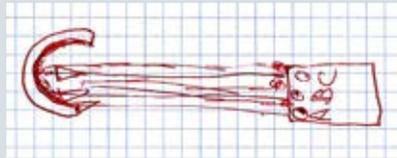
Por último, y para acabar con esta investigación en el aula, se les plantea a los alumnos algo parecido pero a la inversa. Se les enseña la última *lente*, el comportamiento de esta lente con el láser y se les pide que, en grupos, aporten ideas que explique por qué la lente se comporta como se comporta (**Imagen 6**).



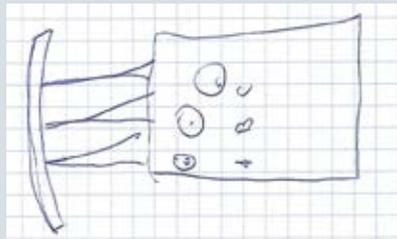
Imagen 6. Proyección de sombras.

Las respuestas son las siguientes (**Tabla 2**):

«La fórmula curva tiene un espejo y, por eso, la luz del láser es reflejada. Y porque el espejo es un objeto opaco».



«Es una lente opaca. No ha salido la luz para afuera porque la luz ha rebotado y es reflexión».



«Creemos que ha sido por la reflexión».

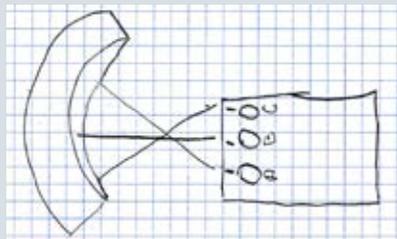


Tabla 2. Respuestas de los alumnos relativas al comportamiento de un espejo curvo.

Se puede apreciar por las respuestas que en torno al 66% de la clase es capaz de razonar lo que ha pasado, dando una hipótesis válida (el espejo, la reflexión), a través del comportamiento del láser y la última lente.

Conclusiones finales

OBJETIVOS CUMPLIDOS	SI	NO	EN PROCESO
Reforzar y ampliar el concepto de energía, sus formas y sus fuentes	X		
Conocer las características de la luz como forma de energía y sus fuentes; describir y apreciar la importancia del sol como fuente de energía	X		
Adquirir la idea de luz como energía, aprender sus formas, transformaciones y fuentes de energía que producen luz	X		
Conocer las características de la luz como fuente de energía, cómo se produce se disemina y algunos de sus efectos	X		
Entender las características de la luz y cómo la materia se comporta frente a la luz	X		
Adquirir y usar el vocabulario relacionado con la luz y sus manifestaciones, para poder dialogar y mantener una opinión de forma oral o escrita, basándonos en el método científico			X
Aplicar la teoría aprendida sobre el comportamiento de la luz y completar las hipótesis de los resultados de experimentos simples	X		
Demostrar que la luz se mueve en línea recta	X		
Demostrar que la sombra siempre se produce en el lado opuesto a la fuente de luz	X		
Distinguir entre objetos opacos, translúcidos y transparentes	X		

OBJETIVOS CUMPLIDOS	SI	NO	EN PROCESO
Descomponer la luz blanca con ayuda de un prisma	X		
Comprender la refracción de la luz	X		
Comprender la reflexión de la luz	X		

Agradecimientos

Estas experiencias se enmarcan dentro del desarrollo de la clase de *Conocimiento del Medio*, por lo que debo agradecer la realización a las siguientes personas:

- Al CEIP Tierra de Pinares y el equipo de personas que lo forman.
- El equipo de El CSIC en la Escuela.
- Al CFIE de Zamora y al grupo de trabajo del que formamos parte junto con los compañeros de Zamora y Valladolid.
- A los padres y madres de los alumnos que han colaborado en este proyecto.
- A los alumnos participantes en el proyecto. Sin ellos, sin su ilusión y ganas por aprender y por su pasión por la ciencia, esto no habría sido posible.

Anexos

Los anexos de este trabajo pueden consultarse en: [En línea]: <<http://www.csicenlaescuela.csic.es/proyectos/optica/experiencias/pinares/anexos.pdf>>.

Referencias Bibliográficas y Enlaces

Ciencia en el aula: óptica. El CSIC en la Escuela. [En línea]: <<http://www.csicenlaescuela.csic.es/proyectos/optica/experiencias/el.htm>> [consulta: mayo 2016].

R.D. 126/2014 de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria.

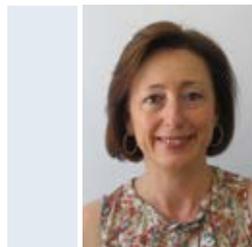
Ley 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la Calidad Educativa (LOMCE).

Coursea. *Exploring Light: Hands-on Activities and Strategies for Teachers*. [En línea]: <<https://es.coursera.org/learn/teach-light-color>> [consulta: mayo 2016].

Conocemos y experimentamos con el agua

Carmen Hernández Cantabella*

Maestra del CEIP Antonio Díaz de los Garres. Murcia



Palabras clave

Agua, moléculas, fuerzas eléctricas, adherencia, cohesión.

Resumen

Esta experiencia se ha diseñado como un proyecto de trabajo en el aula. Para llevarla a cabo está previsto, realizar distintas experiencias con los niños para llegar al descubrimiento y vivencia de las características y peculiaridades del agua, en general, y de la molécula de agua, en particular. La clase consta de 24 niños y niñas de 5 años de edad. Las actividades llevadas a cabo con los niños se han realizado en once sesiones de trabajo.

Objetivos

- Descubrir distintas formas y lugares en las que encontramos agua en la naturaleza, en nuestro entorno e incluso en nuestro propio cuerpo.
- Identificar los tres estados en los que podemos encontrar agua y cómo se pasa de un estado a otro.
- Identificar que todo lo que nos rodea está formado por moléculas, el agua también.
- Comprender que las moléculas están formadas por átomos, descubriendo la composición de la molécula de agua.

.....
* E-mail de la autora: carmen.hernandez2@murciaeduca.es.

- Identificar algunas fuerzas intermoleculares del agua: la fuerza de cohesión y la de adherencia.
- Discriminar la tensión superficial del agua.
- Experimentar con procesos de capilaridad con el agua.

Contenidos

- El agua: diferentes estados en los que se presentan.
- La materia está formada por moléculas y las moléculas por átomos: composición de la molécula de agua.
- Las fuerzas intermoleculares: cohesión, adherencia, tensión superficial.
- La capilaridad en la naturaleza.
- Influencia de la electricidad en el comportamiento de las moléculas de agua.
- Vocabulario: sólido, líquido, gas, molécula, átomo, oxígeno, hidrógeno, capilaridad, adherencia, cohesión, tensión superficial, electricidad, carga positiva, carga negativa.
- Participación en experimentos, aportando interpretaciones sobre los mismos.

Actividades

Sesión 1. ¿Dónde hay agua?

Iniciamos la sesión preguntando a los niños: *¿dónde hay agua?* Por turnos van dando distintas respuestas y, con todas las respuestas dadas, queda el siguiente listado:

En el grifo, en las tuberías, piscina, en mares y ríos, en las goteras del techo, en las botellas, en la lluvia, en las nubes de lluvia, en nuestro cuerpo «cuando bebemos agua», en el hielo, en los charcos, etc.

Cuando un niño apunta que *hay agua en nuestro cuerpo* «cuando bebemos agua», le preguntamos *si ahora había bebido agua*; él contesta que *no*, y le preguntamos *si tenía saliva en la boca*; tras pensar unos momentos contesta que *sí*, entonces otro niño dice que *tenemos agua en el cuerpo siempre*.

Por otra parte, cuando otro de los niños habla de que en el hielo y en la nieve hay agua, preguntamos: *¿cómo puede ser eso?*; y contestan:

- *Porque el agua, si está en un sitio que hace mucho frío se congela.*

- *Porque en las montañas que están muy altas hay nieve.*

Entonces, les proponemos hacer un experimento para comprobar esto, *porque vamos a trabajar como lo hacen los científicos*, los cuales, cuando quieren saber algo, *tienen que hacer experimentos para observar lo que ocurre y así, aprender cosas*.

Ellos están de acuerdo. Echamos un poco de agua en un vaso y todos la van pasando para comprobar que está líquida; a continuación lo metemos en el congelador, y preguntamos *qué creen que va a pasar*; ellos contestan que *se congelará*, así que esperamos hasta el siguiente día para comprobarlo.

Una vez hecho esto, les preguntamos a los niños:

- *Y aquí en la clase, ¿dónde hay agua?* Rápidamente contestan:

- *En el grifo.*

- *En las botellas.*

Y una niña apunta también:

- *En el vapor de agua.*

Cuando aparece esta respuesta, preguntamos *qué es el vapor de agua*, la niña que había aportado la respuesta no es capaz de dar una explicación, pero otros se animan:

- *El vapor de agua está muy alto* —dice uno.

- *El vapor de agua es como aire, transparente, no se ve y se va hasta las nubes, y cuando se llenan de agua y chocan, como están tan gordas, cae el agua de lluvia.*

Después de esta respuesta (tan completa), les decimos a los niños que *otro día seguiremos haciendo experimentos para comprobar todas estas cosas que hemos dicho*.

Conclusiones de la sesión

- Hay agua en muy diversos lugares.
- El agua puede estar en distintos estados.
- No siempre la vemos.
- Vamos a aprender cosas, trabajando como hacen los científicos; es decir, haciendo experimentos y observando qué pasa.

Sesión 2. Los estados del agua

Un niño recuerda que la sesión anterior la terminamos metiendo un vaso con agua al congelador y propone que veamos qué ha pasado. Sacamos el vaso del congelador y se lo van pasando (**Imagen 1**) y van diciendo varios comentarios:

- *Está congelada.*
- *Está muy fría.*
- *Está dura como la mesa.*



Imagen 1. *El agua se ha congelado.*

Cuando todos constatan que el agua está conge-

lada y, por tanto, «dura», les explicamos que *cuando el agua está así, se dice que está «en estado sólido», y cuando se puede beber, está «en estado líquido»*. A continuación les preguntamos *qué creen ellos que ha pasado para que en nuestro experimento el agua haya pasado de líquida a sólida*:

- *Que el congelador está frío y el agua se ha puesto muy fría hasta que se ha congelado, dice uno.*
- *Que en el congelador hay aire frío que no lo vemos y ese aire ha congelado el agua, dice otro.*

Después de hablar sobre este tema, les planteo:

- *Ya hemos visto que el agua puede estar sólida o líquida, ¿creéis que puede estar de alguna otra manera?*

En general, dicen que no. Por tanto, les propongo realizar otro experimento en el que ponemos a calentar un poco de agua y observamos qué pasa. Cuando empieza a salir vapor de agua, les pregunto: *¿esto qué es?*

- *Humo* —dicen unos.

- *Vapor de agua* —dice alguno.

- *¿Y dónde va este vapor de agua?*

- *A las nubes* —propone alguno.

- *Al techo* —dicen otros.

- *Al aire* —comenta algún otro.

Se dan cuenta que cuando el vapor de agua, «pasa al aire», ya no podemos verlo, entonces les digo que el agua se ha convertido en gas. A continuación les pregunto: *¿por qué no la vemos?*

- *Porque el aire no se ve.*

- *Porque las gotitas son muy, muy pequeñas.*

Aprovecho esta contestación para recordarles (pues estos alumnos han trabajado el sonido y los gases), que en el aire hay unas partículas muy pequeñas, que no se ven, llamadas moléculas, y que cuando el agua «pasa al aire», se sigue componiendo de moléculas, pero separadas unas de otras y por eso no podemos verla.

A continuación, tapamos la cacerola, para ver qué pasa con el vapor de agua entonces y comprueban con gran entusiasmo que: ¡parece otra vez en forma de agua en la tapadera! En este momento todos quieren comprobar que efectivamente, lo que hay en la tapadera, es agua, alguno lo explica:

- Se convierte en agua muy caliente, al taparla se queda el agua en la tapadera (**Imagen 2**).



Imagen 2. Observamos cómo el agua hirviendo se evapora y, si la tapamos, se condensa en la tapadera.

Por último, cuando el agua que está hirviendo desaparece por completo, a modo de resumen, les pregunto: *¿Dónde ha ido el agua que había en la cacerola?*

- Se ha convertido en vapor de agua y está en el aire —contestan la mayoría.

Podemos observar la interpretación que los alumnos hacen de esta experiencia en los siguientes dibujos y comentarios (**Imagen 3**).



Imagen 3. Dibujo de la izquierda, comentario: «Hemos echado agua en una olla, hemos puesto la tapadera y se ha convertido en agua» (condensación). Derecha: «Se estaba evaporando».

Para terminar la sesión, les digo que *vamos a aprender dos palabras que utilizan mucho los científicos: «evaporación», que es lo que le ha pasado al agua cuando era líquida y se ha convertido en gas; y «condensación», que es lo que le ha pasado al agua que era vapor de agua y se ha vuelto a convertir en líquida.*

Al día siguiente, como aplicación de esta sesión, mezclamos agua con colorantes distintos y los ponemos en cubiteras; a continuación lo metemos al congelador. Posteriormente, utilizamos estos cubitos de colores para pintar y vamos observando que, poco a poco, nos vamos quedando sin «colores», porque se van derritiendo (**Imagen 4**).



Imagen 4. Coloreamos con cubitos de hielo.

Conclusiones de la sesión

- El agua puede estar líquida, sólida o en forma de gas.
- Concepto de evaporación.
- Concepto de condensación.

Sesión 3. Características del agua: evaporación y condensación

En esta sesión nos proponemos que los niños vivencien las distintas características físicas del agua. Empezamos llenando un vaso de agua y les pedimos que la observen bien, miramos a través de ella y, a continuación, pregunto: *¿de qué color es el agua?*, y las contestaciones de los niños son distintas:

- *Blanca, transparente, no tiene color, etc.*

Aprovechando esta última contestación, observamos que, efectivamente el agua no tiene ningún color y, además, es transparente. Les digo a los niños que los científicos llaman a eso que el agua es *incolora*.

Después van pasando un vaso con agua y les pido que lo vayan oliendo: *¿a qué huele?*

- *A agua, a agua pura, a agua fresca, no huele a nada, etc.*

Como el agua no huele a nada, se dice que es *inodora*. Tras beber agua de sus botellas constatan que el agua es *insípida*.

Seguidamente cambio la misma cantidad de agua a recipientes de distinta forma y les pregunto: *¿qué forma tiene el agua?*

- *Redonda.*

- *Cada vez tiene una forma.*

- *Si lo pones en un vaso alto tiene la forma «alta» y si lo pones en el vaso bajo, se pone «baja».*

- *Pero cuando es hielo, se pone sólida y no se puede cambiar hasta que no se derrite.*

Y, *¿por qué creéis que pasa todo eso que estáis diciendo?*

- *Porque el agua líquida no tiene forma* —dice uno de los niños.

Finalmente, todos damos por buena esta respuesta.

A continuación, les proponemos hacer un experimento: saco una botella del frigorífico y la dejo en medio de la asamblea, junto con otra de las mismas características que está a temperatura ambiente. Transcurridos unos segundos vemos que la botella que estaba en el frigorífico, se llena de gotitas de agua por fuera: *¿de dónde ha venido este agua?*, les pregunto:

- *De la otra botella* —dice un niño. Entonces alejamos la otra botella y vemos que esto no influye.

- *Del hielo que había en el frigorífico.*

- *Como dentro del frigorífico hace frío.*

- *Del vapor de agua.*

Llegados a este punto, les pregunto si recuerdan que en el aire también hay agua, y alguno dice: *¡es verdad y moléculas!*, comentario con el que aprovecho para recordarles que en el aire hay partículas muy pequeñas de agua, llamadas moléculas.

las. Volviendo a la explicación de por qué la botella se llena de gotitas de agua por fuera, una vez que ha quedado claro el concepto de molécula, les digo que *las moléculas de agua que hay en el ambiente, se «pegan» a la botella que está fría*. En este momento establecemos un paralelismo con el experimento realizado en la sesión anterior, en el que las moléculas de vapor de agua se «pegaban» a la tapadera de la olla, y recordamos la palabra *condensación* (**Imagen 5**).



Imagen 5. Dibujos y comentarios de los alumnos interpretando la condensación de moléculas de agua en una botella o un bote frío.

Por último, hacemos otro experimento: una niña moja una zona de la alfombra y esperamos un poquito, repasando todo lo aprendido, transcurrido un poco de tiempo, alguien dice: *¡Ya no hay agua!*

¿Dónde ha ido? —pregunto yo.

- Al techo.

- A las nubes.

- Al aire.

Y, ¿por qué no la vemos?

- Porque son moléculas y son muy pequeñas —recuerdan algunos niños (**Imagen 6**).



Imagen 6. Comentario de la niña: «yo eché un poquito de agua y se transformó en gas». Se aprecia en el dibujo cómo hay moléculas que se están evaporando de la zona mojada y otras que se están condensando en la botella que también ha dibujado la niña.

Conclusiones de la sesión

- El agua es incolora, inodora e insípida y además tiene la forma del recipiente que la contiene.
- Concepto de evaporación.

- Concepto de condensación.

Sesión 4. La molécula de agua

Esta sesión se inicia porque una niña hace el siguiente comentario:

- Yo sé cómo se dice «agua» «en científico».

¿Y cómo se dice? —le pregunto. A lo que ella contesta:

- H_2O

¿Puedes explicárnoslo? —le pido.

- Lo he visto en un libro «de mayores» que tiene mi mamá y me ha dicho que se llama así porque en el agua hay dos cosas que se llaman Hidrógeno y Oxígeno.

Ante este comentario, decido avanzar un poco y les pregunto: ¿qué forma creéis que puede tener una molécula de agua?:

- Muy pequeña.

- Como una gotita.

- Como una bolita muy pequeña.

Tras varios comentarios de este tipo, dibujo en la pizarra una molécula de agua, con los dos átomos de Hidrógeno y el átomo de Oxígeno; rápidamente comentan que parece un osito o un Mickey Mouse. Entonces les explico que en las moléculas hay otros elementos más pequeños que se llaman átomos y en las moléculas de agua hay tres átomos:

dos de Hidrógeno y uno de Oxígeno, por eso los científicos llaman H_2O al agua. Además comentamos que los átomos de Hidrógeno de una molécula se «pegan» a los de Oxígeno de otras, y pasamos a representarlo (**Imagen 7**).

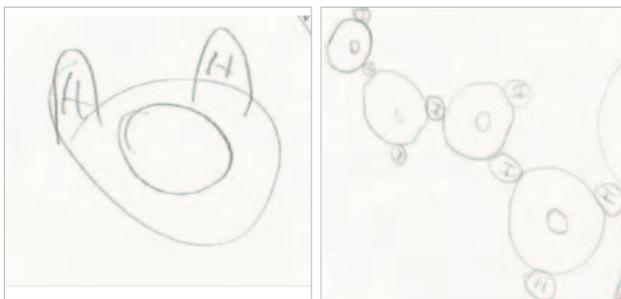


Imagen 7. Dibujos de los niños representando una molécula de agua (izquierda) y la unión de varias (derecha).

Después, explicamos y escenificamos cómo se sitúan las moléculas de agua, según el estado en el que se encuentre: sólido, líquido y gaseoso (**Imagen 8**).



Imagen 8. Representación de moléculas del agua líquida y sólida (derecha). Las manos representan los átomos de hidrógeno y el cuerpo el átomo de oxígeno.

Según el proceso de trabajo que tenía previsto al principio, la composición de la molécula de agua la íbamos a abordar más adelante, pero, aprovechando el comentario que hizo una de las niñas, lo hemos trabajado ya, y creo que ha resultado bastante claro para todos los niños.

Conclusiones de la sesión

- Las moléculas están formadas por átomos.
- La molécula de agua tiene dos átomos de Hidrógeno y uno de Oxígeno.
- Los científicos nombran al agua como H_2O .
- En el agua líquida y sólida el Hidrógeno se «pega» al Oxígeno de otras moléculas.
- Las moléculas de agua se disponen de distinta manera, según el estado en el que se encuentre.

Sesión 5. Evaporación y condensación

En esta sesión nos dedicamos a afianzar los experimentos y conceptos trabajados en la sesión anterior, para poder hablar con los niños despacio sobre este tema, poder aclarar conceptos y fijar esas dos palabras «científicas»: evaporación y condensación.

Le pedimos a una niña que moje la alfombra dentro de un círculo que hemos dibujado en ella y les decimos a los niños que vamos a observar qué pasa con el agua.

Mientras tanto, repasamos el experimento realizado en la sesión anterior, sacamos una botella de agua del frigorífico y la ponemos junto a otra que estaba a temperatura ambiente, observamos que la que estaba en el frigorífico está cubierta por gotitas de agua. Por afianzar conceptos, volvemos a preguntar: *¿Qué ha pasado?*

- *Que está fría.*

- *Que se le pegan las gotitas de agua.*

¿De dónde vienen esas gotitas de agua?

- *De las moléculas.*

- *Del vapor de agua.*

Por sus contestaciones, observo que los niños recuerdan la sesión anterior: *¿por qué a la otra botella no se le pegan las gotitas de agua?*

- *Porque la otra no está fría, no ha estado en el frigorífico (Imagen 9).*



Imagen 9. Constatamos la diferencia entre la botella que estaba en el frigorífico y la que no.

Estas contestaciones nos hacen avanzar un poco más que en la sesión anterior, puesto que relacionamos la condensación con la temperatura del cuerpo al que se adhieren las moléculas.

Como ya ha transcurrido un tiempo, observamos la zona de la alfombra que estaba mojada: *¿qué ha pasado?* (**Imagen 10**).

- *Que el agua se ha evaporado* —contestan sin dudarlo.

Y, *¿dónde ha ido el agua que había ahí?*

- *Al aire.*

- *Al vapor de agua.*

- *A las nubes.*

¿Por qué no la hemos visto? ¿Cómo se «ha ido»?



Imagen 10. Poco a poco el agua se va evaporando.

- *Porque se convierte en gotitas muy pequeñas, que no se ven.*

- *Porque, se van las moléculas que son tan pequeñas que sólo se pueden ver con un «telescopio»* (aquí corregimos a «microscopio»).

Como hemos constatado que los niños tienen claras las nociones de evaporación y condensación, aprovechamos para establecer un paralelismo con el ciclo del agua. Y les decimos que la evaporación y la condensación son conceptos que influyen mucho en todas las cosas que «pasan con el agua» en la naturaleza, por ejemplo. Preguntamos: *¿alguien sabe por qué llueve?*:

- *Porque el vapor de agua se va hasta las nubes y cuando las nubes están muy llenas de agua, chocan y como están tan gordas, cae el agua de lluvia, dice uno de los niños.*

Aprovechando la contestación de este niño, les propongo ver un vídeo en el que se muestra el ciclo del agua de forma muy sencilla, una vez concluido el mismo, les pregunto qué les ha parecido:

- *Que el agua se mueve mucho.*
- *Que el agua siempre está dando vueltas.*
- *Que no para de repetir siempre lo mismo.*

Tras estas contestaciones, comentamos, utilizando ya el vocabulario que conocemos: evaporación, transpiración, condensación, precipitación, filtración, todo lo que ocurre en el ciclo del agua, y hacemos una pequeña representación del mismo. A continuación, les proponemos hacer un experimento que nos va a permitir observar dentro de una bolsa casi lo mismo que ocurre en el ciclo del agua: ponemos en una bolsa de congelación hermética un poco de agua con colorante y la pegamos en una ventana en la que da el sol; esperamos a que pase un ratito y preguntamos qué observamos que ha pasado:

- *Que se han formado gotitas muy pequeñas que se han pegado por la bolsa.*
- *Algunas gotitas son más grandes y se han caído.*
- *Algunas gotitas se juntan con otras y caen.*
- *Con el sol, se ha evaporado un poco de agua y luego se ha pegado en la bolsa.*

Con todas estas respuestas, elaboramos la explicación completa: una parte del agua se ha evaporado y después se ha condensado en las paredes de la bolsa; cuando se juntan varias gotitas de las que se han condensado, caen y vuelve a iniciarse el proceso.

Conclusiones de la sesión

- El agua está formada por moléculas.
- Concepto de evaporación.
- Concepto de condensación, relacionado con la temperatura de los cuerpos.
- Conceptos de evaporación, transpiración, condensación, precipitación y filtración relacionados con el Ciclo del agua.

Sesión 6. Fuerzas en las moléculas de agua (I)

Empiezo esta sesión echándome una gota de agua entre dos dedos y viendo cuál es el comportamiento del agua cuando separamos y acercamos los dedos.

Después voy echando a cada niño una gotita de agua en un dedo para que intenten hacer lo mismo ellos.

Sus comentarios son diversos:

- *Se estira el agua.*

- *Se pega.*

- *Se me cae.*

Después de estas contestaciones, les proponemos a los niños ir paso a paso, haciendo experimentos para comprobar cada una de las mismas.

Por equipos, les doy un portaobjetos de vidrio a cada uno y les animo a que lo pongan encima de la mesa y luego lo levanten:

- *Qué fácil, dicen muchos de ellos.*

- *¡Se hace muy fácil!*

A continuación, voy echándoles una gotita de agua en el portaobjetos y les digo que lo pongan en la mesa y que prueben ahora a levantarlo.

Sus comentarios ahora son distintos:

- *¿Es que le has echado pegamento al agua?*

- *Ahora cuesta mucho trabajo.*

Repetimos el experimento con algunas variaciones: con dos portaobjetos de vidrio echando el agua entre ambos, con tarjetas de plástico, etc.

Les pregunto *qué creen que pasa* y ellos dicen:

- Que el agua a veces pega las cosas (**Imagen 11**).



Imagen 11. Echamos agua sobre diversos objetos: portas, tarjetas... y cuesta más trabajo separarlas de la mesa. Comentario: «hemos echado agua en dos cristales y nos ha costado trabajo despegarlos».

Después con un cuentagotas vamos echando gotitas de agua sobre diversas superficies, primero en horizontal y después las ponemos verticales y observamos cuál es su comportamiento (**Imagen 12**).

- Muchas gotitas caen.

- Algunas gotitas se quedan pegadas y no se mueven.

¿Por qué unas gotitas caen y otras se quedan pegadas?, les pregunto:

- Caen las gotitas que son más grandes, porque pesan más.

- Algunas gotitas se juntan a otras y entonces, como pesan más, pues caen.

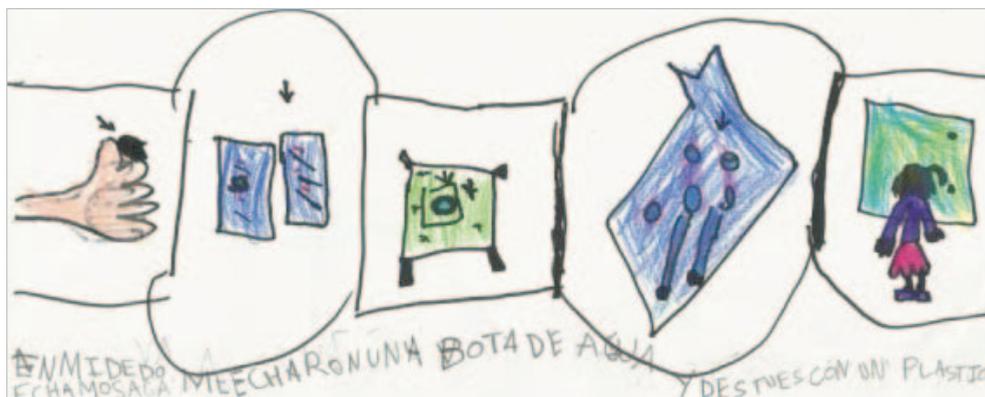


Imagen 12. Dibujo de los diversos experimentos con agua realizados en la sesión. Comentario: «echamos agua en mi dedo. Me echaron una gota de agua y después con un plástico».

- *Las gotitas que son muy pequeñas no se caen.*

- *«Porque la fuerza de la gravedad hace que algunas gotitas caigan».*

Después de esta última contestación, decidimos recordar ese concepto que había surgido: «fuerza de gravedad» (a principios de curso trabajamos el Sistema Solar y las diferencias entre nuestro planeta y los otros; ya hablamos de la fuerza de gravedad). Así que estuvimos experimentando con ella, soltando diversos objetos, de diferente peso y consistencia, que teníamos suspendidos en el aire y viendo qué pasaba con ellos. La conclusión fue que la fuerza de gravedad hacía que las cosas cayesen al suelo.

Hecho este inciso, volvimos a la explicación de todo lo que habíamos observado en nuestros experimentos con gotitas de agua que habíamos realizado a lo largo de toda la sesión y les expliqué a los niños por qué el agua parecía que «se pegaba» a otras cosas y por qué se pegaban unas gotitas con otras. Les dije que las moléculas de agua tenían una fuerza que les hacía «pegarse» a otros materiales, como nuestros dedos, o la mesa, o la pizarra, que se llamaba **fuerza de adherencia**. Y también tenían otra fuerza que hacía que las moléculas se «pegasen» unas a otras y que estuviesen «juntitas», que se llamaba **fuerza de cohesión**.

Por último, terminamos la sesión viendo un vídeo en el que podemos observar cómo se comportan las fuerzas intermoleculares cuando no hay fuerza de gravedad, ya que se trata de una grabación del comportamiento del agua en la Estación Espacial Internacional.

Conclusiones de la sesión

- Las moléculas de agua se «pegan» a otras superficies por la fuerza de adherencia.
- Las moléculas de agua se mantienen unidas entre sí por la fuerza de cohesión.
- La fuerza de gravedad hace que caigan las gotitas de agua cuando se juntan y pesan más.

Sesión 7. Fuerzas en las moléculas de agua (II)

Iniciamos la sesión recordando los experimentos realizados en la sesión anterior y, sobre todo, recordando el vocabulario aprendido (nomenclatura de las fuerzas intermoleculares).

A continuación, realizamos un experimento: ponemos sobre la mesa una moneda y le vamos echando gotitas de agua encima; cuantas más gotitas echamos mayor es la expectación que despierta en los niños, que cada vez están más ansiosos por ver hasta cuándo la cantidad de agua irá creciendo, sin desbordarse de la moneda (**Imagen 13**).

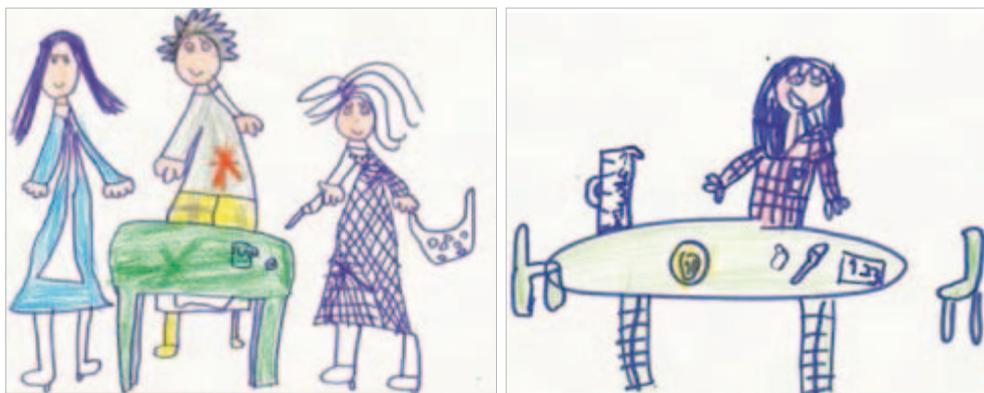


Imagen 13. Dibujos de los niños sobre el experimento de echar gotas de agua sobre una moneda.

Mientras esto se está produciendo sus comentarios son diversos:

- Se está formando «un círculo de agua» encima de la moneda.
- Las gotas nuevas se «pegan» a las que están en la moneda.

Después, lo repetimos y vamos contando cuántas gotas son necesarias para que se desborde la moneda, por último, por grupos les invito a que repitan el experimento y apunten en un papel qué número de gotitas hacen falta para que la moneda se desborde (**Imagen 14**).



Imagen 14. Echamos gotas sobre una moneda y apuntamos cuántas son necesarias para que se desborde.

Terminado este experimento les pregunto *qué creen que ha pasado*, a lo que un niño contesta:

- *El agua se estaba «sujetando» al borde de la moneda, hasta que ya no ha podido más.*

También les pregunto *por qué creen que el agua estaba cada vez más «redondita»*:

- *Porque las gotitas se estaban juntando cada vez más* —dice una niña.

Entre todos recordamos cómo se llaman las fuerzas que tienen las moléculas de agua y que hacen que se «peguen» a otras cosas y que «se junten» entre sí: fuerzas de adherencia y de cohesión.

Continuamos la sesión con otros experimentos que nos permiten seguir observando las fuerzas intermoleculares: en un vaso lleno de agua, vamos echando monedas y observamos qué pasa:

- *El agua se está «formando» como la moneda* —dice un niño.

- *El agua se está «sujetando» a la orilla del vaso.*

Contamos también, cuántas monedas son necesarias para hacer que el vaso se desborde. Y a continuación, los niños explican sin ningún problema que lo que hemos visto se debe a las fuerzas de adherencia y de cohesión.

El último experimento que llevamos a cabo es el siguiente: sobre un vaso de agua, lleno hasta el borde, ponemos una tarjeta cubriéndolo parcialmente, vamos echando monedas sobre la orilla de la tarjeta que está fuera del vaso y vamos contando las que hacen falta para hacer que la tarjeta se caiga. Repetimos el experimento varias veces, modificando la cantidad del vaso que la tarjeta cubre. Cuando pedimos a los niños que dieran una explicación a lo que estaba pasando, todos eran conscientes de que las fuerzas de adherencia y de cohesión hacían que la tarjeta no se cayese desde el primer momento (**Imagen 15**).



Imagen 15. Experimentos y representación de un alumno de los mismos.

Conclusiones de la sesión

- Las moléculas de agua se «pegan» a otras superficies por la fuerza de adherencia.
- Las moléculas de agua se mantienen unidas entre sí por la fuerza de cohesión.

Sesión 8. Descubrimos la tensión superficial

En un recipiente con agua, echamos un clip y observamos que se va al fondo, después con cuidado, posamos un clip en la superficie del agua y vemos que se mantiene a flote: *¿por qué ha pasado esto?*, preguntamos a los niños:

- *Porque el primero lo has tirado deprisa y el otro lo has dejado muy despacio.*

- *Porque con el primero «ha ganado» la fuerza de Gravedad y con el segundo han ganado las «otras fuerzas».*

Repetimos el experimento, pero ahora con fichas de parchís, y vemos que ocurre lo mismo: si las dejamos caer rápidas, se hunden y si las posamos despacio, se mantienen. Además les decimos a los niños que se fijen bien en la forma que hacen en el agua los objetos que se mantienen posados (**Imagen 16**):

- *Parece que la hunden un poco.*

- *La «chafan» por alrededor.*



Imagen 16. Dibujo de un alumno: las moléculas de la superficie se hunden un poco al posar la ficha.

Les mostramos imágenes de insectos posados en el agua y vemos que alrededor de donde tienen sus patitas, el agua está un poco «hundida». Les explicamos a los niños que las moléculas de agua que hay en la superficie están más «juntas» y cuando algún objeto se posa, despacio, se «hunden» un poco, pero sin llegar a separarse del todo. A continuación, pasamos a escenificar cuál es el comportamiento de las moléculas de la superficie cuando algo se posa en el agua y cómo es cuando algún objeto cae más rápido y consigue atravesar esta capa de moléculas y hundirse. También les decimos que esto se llama **tensión superficial**.

Por último, hacemos otro experimento: posamos varios clips en la superficie de un recipiente con agua y, a continuación, le pongo a un niño una gota de jabón en un dedo y le digo que, muy despacio, meta el dedo en el agua. Inmediatamente vemos que todos los clips se hunden. Repetimos el experimento, pero poniendo en el agua orégano, vemos que, igualmente, al meter el dedo con jabón, parte del orégano se hunde. Les digo a los niños que esto es porque la tensión superficial se ha roto, porque el jabón consigue romperla (**Imagen 17**).

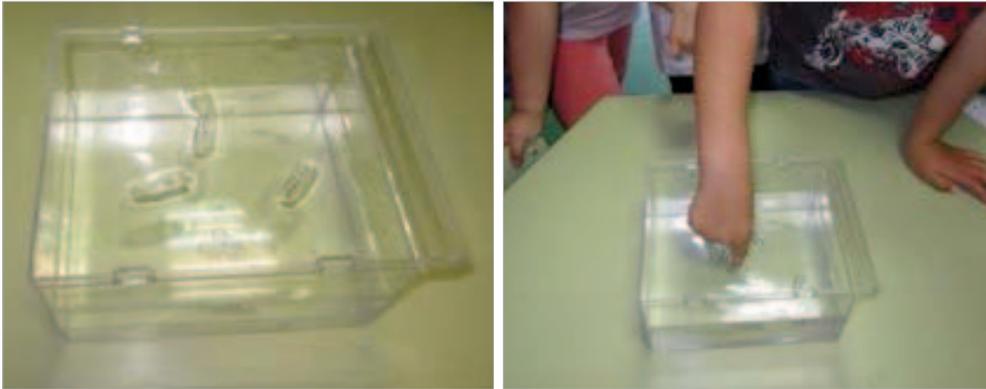


Imagen 17. La tensión superficial se rompe con el jabón.

Conclusiones de la sesión

- La tensión superficial del agua hace que algunos objetos e insectos puedan permanecer posados en la superficie sin hundirse.
- El jabón rompe la tensión superficial del agua.

Sesión 9. Experimentamos con las fuerzas eléctricas (I)

Iniciamos la sesión hablando de las fuerzas en general, preguntando a los niños *qué fuerzas conocemos*; a lo que ellos contestan:

- La fuerza de gravedad.
- La fuerza de cohesión.
- La fuerza de adherencia.

Después les pregunto *para qué sirven las fuerzas* y ellos dan distintas contestaciones:

- Para sujetar las cosas.

- Para «pegarse» a las cosas.

- Para que se caigan las cosas.

- Para que se muevan las cosas, etc.

Entonces, avanzando un poquito más, les digo que *las fuerzas unas veces unen las cosas y otras veces las separan*; a lo que algunos niños contestan:

- ¡Como en nuestro juego de imanes!, que unas veces podemos juntarlos y otras veces no.

Estos niños se refieren a un juego que tenemos en clase de imanes, en el que han comprobado que unas veces pueden unir dos piezas y otras se repelen; por lo que tienen que intentar unirlas dándole la vuelta a alguna de ellas.

Les digo que en esta sesión vamos a conocer unas fuerzas que se llaman **fuerzas eléctricas** y que se parecen mucho a lo que pasa con los imanes.

El primer experimento que realizamos es el siguiente: cortamos unos trocitos de papel, les acercamos una pajita de refresco y vemos que no sucede nada.

- *Puedes mover los papeles si les empujas con la pajita* —me sugiere algún niño.

Después frotamos la pajita con un paño y la volvemos a aproximar a los papeles; vemos que sin llegar a tocarlos, los papeles «saltan» y se pegan a la pajita.

- *¿Cómo lo has hecho?* —pregunta algún niño; y otros contestan:

- *Porque ha frotado la pajita.*

A continuación, unimos por duplicado dos pajitas de colores distintos (rojo y amarillo) y les ponemos un cordón en medio para poder sujetarlas. Cargamos una de las pajitas amarillas y la aproximamos a las otras y vemos que atrae tanto a la amarilla, como a la roja.

Después cargamos la otra amarilla y vemos que ahora las dos amarillas se repelen entre sí pero atraen a las rojas.

Por último, acercamos un globo al pelo de una niña y vemos que no pasa prácticamente nada; a continuación, cargamos el globo y al acercarlo al pelo de la niña, es muy llamativo observar cómo lo atrae (**Imagen 18**).



Imagen 18. Aquí vemos la diferencia de acercar al pelo un globo que hemos cargado y otro que no.

Reflexionamos sobre los experimentos que hemos hecho y vemos que cuando cargamos alguno de los objetos que hemos utilizado, entonces atrae otros y, a su vez, se repele con otros que también estén cargados.

A continuación les proponemos a los niños poner en la pizarra un listado de todos los objetos que hemos utilizado para realizar todos los experimentos y añadirles, para diferenciarlos, un signo negativo a los que hemos cargado y un signo positivo a los que no.

De esa manera, muy claramente, constatamos que:

- Los positivos y los negativos se atraen.
- Los negativos se repelen con otros negativos.

Conclusiones de la sesión

- Hay unas fuerzas que se llaman **fuerzas eléctricas**.
- Algunos objetos se pueden cargar eléctricamente.
- Positivo y negativo se atraen.
- Negativo y negativo se repelen.

Sesión 10. Experimentamos con las fuerzas eléctricas (II)

Retomamos los experimentos realizados en la sesión anterior y volvemos a cargar eléctricamente un globo, dejándolo pegado a la pared.

Mientras el globo está en la pared, les explicamos a los niños que *cuando frotamos un objeto y conseguimos cargarlo, eso se llama que se ha electrificado*.

A continuación, electrificamos una barra de PVC y con ella movemos una lata de refresco que hay en el suelo.

Repetimos este experimento con un globo e igualmente comprobamos que al electrificarlo, conseguimos mover con él la lata de refresco. *¿Cómo lo hemos hecho?*, pregunto a los niños:

- *Porque has cargado la barra y luego el globo.*

- *Porque los has electrificado.*

Estas contestaciones me demuestran que los niños van entendiendo todo el proceso que estamos llevando a cabo.

Mientras sucede esto, el globo que estaba pegado a la pared, se cae. *¿Qué ha pasado?*, les pregunto a los niños:

- *Que ya no tienen electricidad.*

- *Que se ha descargado.*

A continuación, abrimos un grifo y observamos cómo cae el agua, después acercamos a este chorro de agua, en primer lugar una barra que está electrificada y, después, un globo que también hemos electrificado: vemos como el chorro es atraído por estos objetos. *¿Por qué pasa esto?*, pregunto:

- *Porque como el globo está cargado atrae el agua.*

Después reflexionamos sobre todos los experimentos que hemos hecho.

Como en la sesión anterior, les proponemos a los niños poner en la pizarra un listado de todos los objetos que hemos utilizado para realizar todos los experimentos, y añadirles, para diferenciarlos, un signo negativo a los que hemos cargado y un signo positivo a los que no. De esa manera, muy claramente, volvemos a constatar que:

- *Los positivos y los negativos se atraen.*
- *Los negativos se repelen con otros negativos.*

Aprovecho esta coyuntura para explicarles a los niños por qué en las moléculas de agua se atraen los Hidrógenos de una con el Oxígeno de otras les explico que el Hidrógeno tiene carga positivas y el Oxígeno tiene carga negativa, por eso se produce esa atracción.

Hasta aquí, parece que los niños comprenden este razonamiento, pero no insistimos más en este particular, pues ya es un aspecto de mayor dificultad para la edad de los niños.

Conclusiones de la sesión

- Hay unas fuerzas que se llaman **fuerzas eléctricas**.
- Algunos objetos se pueden cargar eléctricamente.
- Positivo y negativo se atraen.
- Negativo y negativo se repelen.
- El Hidrógeno de la molécula de agua tiene carga positiva.
- El Oxígeno de la molécula de agua tiene carga negativa.

Sesión 11. Descubrimos la capilaridad

Vamos a terminar nuestro trabajo sobre la molécula de agua, trabajando el concepto de **capilaridad**; para ello vamos a realizar dos experimentos:

En uno de los experimentos, ponemos en un vaso agua con colorante y un papel enrollado que llegue hasta otro vaso que está vacío; les decimos a los niños que vamos a dejarlo un tiempo para ver qué pasa, aunque rápidamente vemos que el papel empieza a absorber parte del agua.

Para el otro experimento, ponemos un vaso con agua con colorante y metemos una flor blanca y también esperamos a ver qué ocurre (**Imagen 19**).



Imagen 19. Experimentos sobre capilaridad.

Transcurridas unas horas vemos que en el primer experimento, ha pasado el agua hasta el otro vaso. *¿Cómo ha pasado esto?*, preguntamos a los niños:

- *Porque el agua ha pasado por el papel y ha llegado hasta el otro vaso.*

¿Por qué? Vuelvo a preguntar:

- *Porque ha subido por el papel.*

- *Porque el papel absorbe el agua.*

¿Y cómo sucede esto? –insisto:

- *Por la fuerza que tienen las moléculas de «pegarse» a las cosas (adherencia), el agua se ha ido pegando al papel. Además por la fuerza que tienen las moléculas «de estar juntitas» (cohesión), ha ido subiendo todo el agua.*

Después de esta explicación, dada por una de las niñas, los demás niños lo entienden perfectamente, únicamente repasamos el vocabulario, nombrando correctamente la fuerza de adherencia y la fuerza de cohesión.

Vemos, también, que el clavel blanco que habíamos puesto en un vaso que tenía agua con colorante, ya no es blanco, se está volviendo anaranjado, como el agua. ¿Por qué ha pasado esto?, les pregunto a los niños:

- Porque ha pasado lo mismo que con el papel, dicen los niños.

Entonces reflexionamos sobre cómo se alimentan las plantas.

Por último, les digo a los niños que *esto que hemos investigado se llama capilaridad, aunque en las plantas se denomina ósmosis.*

Conclusiones de la sesión

- Las fuerzas de adherencia y de cohesión, dan lugar a la capilaridad.
- La capilaridad en las plantas, se llama ósmosis.

Metodología

En general, la metodología que se ha empleado es la de plantear preguntas a los alumnos e intentar encontrar entre todas las respuestas, mediante la realización de diversos experimentos. Se les anima constantemente a los niños a que formulen sus hipótesis, vamos viendo si se confirman o no y, por último, se les pide una representación gráfica de todo lo trabajado y/o aprendido. Se les hace ver a los niños que esta es la forma que tienen los científicos de trabajar.

Una vez fijado el método de trabajo, este se inició, como siempre que empezamos un proyecto, hablando con los niños sobre cuál iba a ser nuestro trabajo, sobre qué íbamos a aprender, les comentamos que íbamos a «aprender y descubrir muchas cosas sobre el agua que no sabíamos».

A continuación, como siempre hacemos, informamos a las familias de cuál era nuestro tema de trabajo en este proyecto. Una vez precisado todo lo anterior, iniciamos nuestros «experimentos» cuyo desarrollo y resultados se han comentado anteriormente.

Evaluación

La evaluación del trabajo se ha ido realizando por observación y constatando las respuestas que han ido dando los niños en cada una de las sesiones de trabajo.

Esta evaluación diaria, nos ha permitido ir reestructurando las sesiones, ampliando, repitiendo, experimentando, anticipando incluso algún contenido, según las necesidades y dudas que hemos ido detectando de nuestros alumnos en cada una de las sesiones.

Al finalizar el proceso de trabajo hemos constatado, por observación directa, que los objetivos que nos habíamos marcado en un principio se han alcanzado por una amplia mayoría de los niños del grupo.

El tema desde el principio ha resultado muy motivador para los niños, puesto que se trata de un elemento muy común para ellos: el agua. Esto permitía que algunos repitiesen muchos de los experimentos en casa, según me comentaban. Además, las experiencias que se les han propuesto les han resultado claras y bastante explícitas, aunque en algunas ocasiones, a alguno de ellos, al ver el resultado de un experimento, se le escapase el comentario: «¡es magia!», pero como ante estos comentarios siempre se les ha explicado que no era magia sino que era ciencia y que estábamos trabajando como los científicos, haciendo experimentos para descubrir cosas. Después de repetir este comentario, ellos ya no decían que era magia, sino que «hacemos cosas de científicos».

Por otra parte, ha sido gratificante comprobar que cuando han surgido aspectos en la «investigación», relacionados con todo lo trabajado en cursos pasados, fundamentalmente sobre el concepto de «molécula», les ha resultado sencillo actualizar estos aprendizajes, lo que nos hace pensar que realizaron aprendizajes que resultaron significativos para ellos.

Esperamos que en el futuro recuerden estos aprendizajes y sientan curiosidad por seguir trabajando «como científicos», con una actitud de curiosidad e investigación sobre todo lo que les rodea.

Referencias Bibliográficas y Enlaces

Teoría molecular. Experiencias en el aula. El CSIC en la Escuela. [En línea]: <<http://www.csicenlaescuela.csic.es/proyectos/molculas/experiencias/el.htm>>.

J. M.^a LÓPEZ SANCHO, et al. *Descubriendo las moléculas: un proyecto para el aula.* Material didáctico para profesores de Educación Infantil y Primaria. Madrid. 2006.

Motor eléctrico: una experiencia en el aula

Pepe Lozano*

CEIP Talhara. Benacazón

María Acosta Bono

CEIP Clara Campoamor. Bormujos

Mercedes Díaz Fuentes

EEl M.º Carmen Gutiérrez. Espartinas

Esteban Moreno Gómez

El CSIC en la Escuela. VACC-CSIC



Palabras clave

Electricidad, magnetismo, cargas, corriente, motor, educación, colaboración.

Resumen

Presentamos un proyecto, desarrollado en el curso escolar 2013-14, que supuso el trabajo en el aula de conceptos relacionados con el electromagnetismo introducidos de manera experimental. El objetivo de este proyecto era que los alumnos y las alumnas realizasen un recorrido por la historia de esta ciencia para que llegaran a comprender, en último término, el desarrollo y funcionamiento del motor eléctrico.

El proyecto tenía como objetivo que el alumnado realizase un recorrido por la historia de esta ciencia con el fin de llegar a comprender, en último término, el desarrollo y funcionamiento del motor eléctrico.

En la experiencia participaron niños/as de distintas edades y ciclos educativos y de distintos centros; lo que implicó un trabajo de coordinación entre los distintos docentes.

Una representación del alumnado participante presentó los resultados de sus investigaciones en el V Encuentro Científico entre Niños, Maestros e Investigadores celebrado el 27 de mayo de 2014.

Centros participantes

Los tres centros participantes pertenecen a la comarca del Aljarafe, territorio cercano a la ciudad de Sevilla y orientado hacia el suroeste de la provincia. Los contextos donde imparten docencia son similares y distan entre ellos poco más de una docena de kilómetros. Se trata de poblaciones que han sufrido durante los últimos años un crecimiento urbanístico desmesurado, desaparecido actualmen-

.....
* E-mail de la autora: peploz@gmail.com.

te en el contexto de crisis económica que padecemos. De hecho, gran parte de las familias del alumnado que asiste a estos centros no provienen de familias con larga presencia en las localidades donde ahora residen.

El alumnado, en general, procede de familias con un nivel socioeconómico medio y medio alto, aunque actualmente se encuentra agravada esta situación por la mencionada crisis que sufre nuestro país.

La Escuela de Educación Infantil M.ª Carmen Gutiérrez se encuentra situada en la localidad de Espartinas a 17 km de Sevilla capital. El Centro cuenta con 9 unidades de Educación Infantil y con cerca de 300 alumnos y alumnas.

De este centro participó en la experiencia un grupo de 25 alumnos y alumnas de 4 años.

El Colegio de Educación Infantil y Primaria Clara Campoamor se encuentra situado en la localidad de Bormujos, a 8 kilómetros de Sevilla capital. Aunque este centro es de línea 3, en la actualidad los cursos superiores de 4.º, 5.º y 6.º, tienen cuatro cursos cada nivel. Hay 750 alumnos y alumnas, entre Educación Infantil y Primaria.

Este trabajo se realizó con los niños y niñas de 1.º A de Primaria, con edades de 6 a 7 años.

El CEIP Talhara es un colegio de Educación Infantil y Primaria que cuenta con 17 unidades y unos 400 alumnos y alumnas aproximadamente. Se trata de un centro con pocos años de funcionamiento y que está situado en Benacazón, a poco menos de 20 kilómetros de la capital hispalense.

El alumnado participante de este colegio pertenecía a un grupo de 26 alumnos y alumnas de 4.º de Primaria y que contaban entre 9 y 10 años.

Desarrollo de la experiencia

Conviene señalar que los docentes participantes mantienen una cierta tradición en el abordaje curricular de las ciencias en sus respectivas aulas, así como en la participación en actividades de formación del ámbito de las ciencias.

El grupo de alumnos y alumnas de Educación Infantil de la Escuela de Educación Infantil M.ª Carmen Gutiérrez vienen trabajando, desde su entrada con tres años en la Escuela, un taller semanal de ciencias y están acostumbrados a plantear hipótesis, realizar experiencias y constatar los resultados de las mismas. Durante el curso 2013-14 estaban realizando en el aula experiencias sobre el magnetismo, descubriendo, a través de la experimentación cuáles son los materiales magnéticos, las propiedades de los imanes, el magnetismo inducido, el magnetismo remanente, los polos de los imanes y el magnetismo terrestre.

Con estos conocimientos previos, el reto que nos plantearon los científicos de El CSIC en la Escuela fue cómo estos alumnos podían llegar a comprender los fenómenos relacionados con el electromagnetismo siguiendo el mismo «itinerario didáctico» que el que habían llevado los científicos a lo largo de la historia.

Fue realmente sorprendente comprobar cómo con un modelo muy sencillo de electricidad (el modelo de cargas en movimiento) los alumnos y las alumnas comprendieron los descubrimientos que realizaron Franklin, electricidad estática, Volta con las cargas en movimiento y la acumulación de carga, Oersted con la relación entre magnetismo y electricidad y sus aplicaciones prácticas como la pila, el columpio de Ampere y los raíles de Laplace hasta llegar a la comprensión del funcionamiento del motor eléctrico de Faraday.

Podemos concluir que los niños y niñas, desde edades tempranas, si se le presentan experiencias con una propuesta didáctica adecuada y si estas experiencias van acompañadas de preguntas convenientes para estimular su pensamiento concreto, pueden llegar a comprender fenómenos complejos.

En el caso del CEIP Clara Campoamor también cabe decir que desde hace varios cursos vienen planteando talleres para el desarrollo de propuestas curriculares vinculadas con las ciencias experimentales. Para este grupo, además, la experiencia de trabajar un proyecto común entre varios colegios ha sido positiva, pues el hecho de compartir materiales, experimentos y metodología ha resultado enriquecedor, sobre todo al tener diferentes niveles educativos: Infantil de 4 años, 1.º y 4.º de Primaria.

No solo fue necesaria la reunión con los investigadores del CSIC, sino varias reuniones del profesorado con Consuelo Palacios, asesora de referencia del CEP de Castilleja de la Cuesta, que permitieron coordinar y organizar adecuadamente la experiencia.

Hemos hecho un verdadero trabajo en equipo, aun salvando las distancias entre los centros. La ilusión por el proyecto y la comunicación de nuestras experiencias en clase nos han animado a seguir para adelante.

Las últimas reuniones fueron entre los alumnos y alumnas, que iban a participar en el V Encuentro Científico de Madrid, el profesorado y la asesora del CEP, realizándose al menos una reunión en cada uno de los colegios participantes. Esto ha contribuido a una mayor interacción entre todos ellos, así como el contacto con las familias, que han facilitado estos encuentros colaborando en todo momento.



Imagen 1. Alumnos/as que en representación de sus compañeros acudieron al V Encuentro Científico. Junto a ellos sus maestros/as y científicos y responsables del CSIC y de la FBBVA. 27 de mayo de 2014.

Nuestros objetivos primordiales han sido aprender unos de otros, disfrutar con los experimentos y despertar en los niños y niñas el deseo de investigar viendo a sus profesores con inquietud y entusiasmo de seguir investigando (**Imagen 1**).

Por su parte, el grupo de alumnos y alumnas del CEIP Talhara vienen desarrollando desde hace dos cursos propuestas y secuencias didácticas centradas en el currículum de las ciencias experimentales.

Estas experiencias son llevadas a cabo mediante una propuesta metodológica denominada Trabajo por Proyectos que supone una organización curricular donde la participación y la indagación forman parte esencial de los procesos formativos.

La experiencia que relatamos, en este caso, no fue otra cosa que el colofón al trabajo que se viene desarrollando en el aula, añadiendo unos conocimientos, que entendemos de gran valor, como son los siguientes.

Experiencias realizadas y conceptos adquiridos

En la historia de la ciencia los caminos de la electricidad y del magnetismo fueron separados hasta que el experimento de Oersted, en 1820, demostró que ambos fenómenos estaban relacionados.

Decidimos que nuestro alumnado siguiera un camino análogo al de la historia de la ciencia y, por esa razón, comenzamos este proyecto realizando experimentos de electricidad y de magnetismo, considerándolos, en principio, fenómenos aislados.

Respecto a la electricidad, en principio, nos limitamos a experiencias de electricidad estática que nos permitieran trabajar los conceptos de carga, los tipos de carga, la electrificación, la carga por inducción, la fuerza eléctrica, los materiales conductores y aislantes (**Imagen 2**). Y lo más importante, que nuestro alumnado fuese interiorizando un modelo, en su cabeza: el modelo atómico-molecular, que entre otras cosas explica la naturaleza de las cargas eléctricas.



Imagen 2. Alumno utilizando un versorium, fabricado en el aula, para descubrir los tipos de carga (positiva y negativa) y las fuerzas eléctricas (atracción y repulsión).

Trabajar estos fenómenos desde el punto de vista histórico nos permitió, además, introducir las biografías de científicos como Tales de Mileto, A. Volta o B. Franklin.

Respecto al magnetismo, realizamos una serie de experimentos encaminados a que los estudiantes asimilaran conceptos como polos magnéticos, materiales magnéticos, fuerza magnética, imán, magnetismo inducido, magnetismo remanente y campo magnético (**Imagen 3**).

Como en el caso de la electricidad insistimos en que nuestros alumnos/as desarrollaran un modelo que explique estos fenómenos, en principio nos resultó muy útil el modelo de polos. Como en el caso anterior personajes como Plinio, Lucrecio o W. Gilbert fueron tratados, en su contexto histórico, en relación a las experiencias y conceptos que descubrieron.



Imagen 3. Una alumna y un alumno sienten la fuerza del campo magnético de un imán mediante una aguja flotante.

Cuando el alumnado ha realizado las experiencias encaminadas a recapitular la historia de la electricidad y del magnetismo y cuando, en mayor o menor medida, han asimilado los conceptos y poseen un modelo que les permite poner a prueba sus observaciones, en ese momento es cuando decidimos dar el siguiente paso en nuestro proyecto. Este siguiente estadio corresponde a los experimentos que supusieron un cambio en el paradigma científico al relacionarse estos dos campos que se creían independientes.

El experimento de Oersted: electromagnetismo

Mediante el uso de una brújula, un cable y una pila se puede poner al alumnado ante la tesisura en la que se encontraban los científicos a principios del siglo XIX.

La relación entre el campo magnético y la corriente que circula por un hilo conductor fue descubierta por Hans Christian Oersted e, inmediatamente, otros científicos, como Ampere, desarrollaron un modelo que trataba de explicarla.

Del mismo modo nuestros alumnos y alumnas (**Imagen 4**) deben crear un nuevo modelo que explique este nuevo fenómeno y de esta forma actualizar su paradigma con respecto a los fenómenos magnéticos y eléctricos que hasta ahora conocían.

A estas alturas saben que lo único que puede variar la orientación de una brújula es un campo magnético, pues saben que una brújula es un pequeño imán. La sorpresa les viene al comprobar que un cable cuando lleva corriente eléctrica es, en realidad, otro imán. Su sorpresa y entusiasmo es análoga al que sintieron Oersted, Ampere o Faraday cuando fueron desentrañando las leyes del electromagnetismo.



Imagen 4. Alumnos/as realizando el experimento de Oersted por el que una corriente eléctrica modifica la posición de la aguja de una brújula.

Para el alumnado de mayor edad se desarrollaron experiencias que introdujeron o reformularon conceptos como campo magnético, corriente eléctrica, fuerzas de atracción y repulsión, electrones, vector, ley de la mano derecha o motor eléctrico.

Los principales experimentos fueron el columpio Ampere y los raíles de Laplace y un motor eléctrico, realizado en el aula, con un funcionamiento análogo al de Faraday (**Imagen 5**).

Sin llegar a desarrollar el concepto de producto vectorial el alumnado ha asimilado que al establecer una corriente eléctrica el imán actúa sobre el cable ejerciendo una fuerza sobre él, y que el sentido de esta fuerza lo determina la regla de la mano derecha.

En todas estas experiencias estaba implícito que la energía eléctrica se transformaba en movimiento (energía mecánica) para nuestros alumnos/as fue asombroso descubrir como Faraday desarrolló el primer motor eléctrico nosotros desarrollamos un motor análogo simplemente variando la disposición del cable, la pila y del imán (**Imagen 6**).

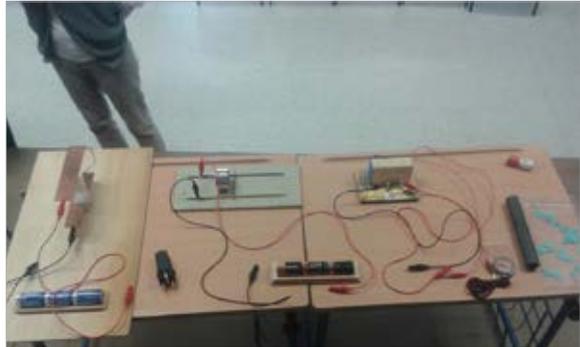


Imagen 5. Montaje para realizar la experiencia de los raíles de Laplace (izquierda) y el columpio de Ampere. Con esto se comprueba que la interacción entre el campo magnético de un imán y el campo generado por un conductor generan una fuerza visible por un movimiento.



Imagen 6. Nuestro motor eléctrico consta de un imán de neodimio, un alambre conductor enrollado a él en un extremo y una conexión a unas pilas.

Conclusiones

Los autores insistimos en la importancia de la utilización de métodos experimentales en las aulas de Educación Infantil y Primaria a través de propuestas didácticas basadas en la investigación, en la explicación de modelos y en el rigor científico de los contenidos para la necesaria y mejor formación de los niños y niñas de estas edades.

Queremos poner en valor del trabajo en equipo y la coordinación entre el profesorado participante (docentes y asesora) como modelo de actuación y como fuente de enriquecimiento profesional.

La importancia de la apertura, la implicación y la participación de las familias que ha supuesto un valor añadido imprescindible en la experiencia desarrollada.

Finalmente, la satisfacción de todas las personas implicadas y, especialmente, de los niños y niñas de todas las edades que han disfrutado aprendiendo, conviviendo y enfrentándose a la exposición pública desde la ilusión y la alegría.

Referencias Bibliográficas y Enlaces

LÓPEZ SANCHO, J. M.ª; GÓMEZ DÍAZ, M.ª J.; LÓPEZ ÁLVAREZ, J. M.; REFOLIO REFOLIO, M.ª C.; MARTÍNEZ GONZÁLEZ, R.; CORTADA CORTES, M.; GARCÍA GARCÍA, I. *Magnetismo en el Aula*. Material didáctico para profesores de Educación Infantil y Primaria. CM de Madrid. 2005.

MORENO GÓMEZ, E. y LÓPEZ SANCHO, J. M.ª *Las líneas de fuerza de Faraday: una representación mental muy útil en la enseñanza*. Serie El CSIC en la Escuela: Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula. N.º 13. CSIC. 2015, pp. 55-67.

Vídeo sobre las experiencias de electromagnetismo de las aulas que han trabajado en este proyecto. [En línea]: <<http://www.csicenlaescuela.csic.es/proyectos/magnetismo/experiencias/em/video.htm>>.

Ciencia en el aula: el magnetismo. Experiencias en el aula. El CSIC en la Escuela. [En línea]: <<http://www.csicenlaescuela.csic.es/proyectos/magnetismo/experiencias/el.htm>>.

Electromagnetismo. Lista de reproducción en YouTube del Museo virtual de la Ciencia del CSIC [En línea]: <<https://www.youtube.com/playlist?list=PLJWHa9QEfWCwMgPWio3-lgs6Nfr-TEO3NC>>.



e-ISBN: 978-84-00-10184-8



9 788400 101848



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA
Y COMPETITIVIDAD



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



CSIC en la Escuela
Vicepresidencia Adjunta de Cultura Científica