

n.º 1

# Serie

## El CSIC en la Escuela

Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula

<http://libros.csic.es>

copia gratuita personal free copy

© CSIC © del autor o autores

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN



CSIC

Fundación BBVA

n.º 1

# Serie

## El CSIC en la Escuela

Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula

<http://libros.csic.es>

copia gratuita personal free copy

© CSIC © del autor o autores

---

# SERIE EL CSIC EN LA ESCUELA, N.º I

## **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)  
José Manuel López Álvarez (CSIC)  
Salomé Cejudo Rodríguez (CSIC)  
Alfredo Martínez Sanz (Colaborador de El CSIC en la Escuela)

### **Miembros del Comité de Redacción corresponsales en las autonomías:**

Mariví López Gimeno (Pamplona, Navarra)  
Idoia Vitiñes Orbegozo (Tudela, Navarra)  
Benito Olleros González (Logroño, La Rioja)  
Consuelo Palacios Serrano (Castilleja de la Cuesta, Andalucía)  
José Luis Lozano Romero (Castilleja de la Cuesta, Andalucía)  
Trinidad Sánchez Barrera (Alcalá de Guadaíra, Andalucía)  
Ana María Ruiz Sánchez (Torre Pacheco, Murcia)  
Benigna Gómez Román (Cáceres, Extremadura)  
Susana Rubio Cano (Valladolid, Castilla y León)  
Carlos Macías Lateral (Zamora, Castilla y León)  
José Morocho Martín (Zamora, Castilla y León)  
Elena Puente Alcubierre (Gijón, Asturias)  
José Luís Novoa López (Oviedo, Asturias)  
Jaime García Martínez (Oviedo, Asturias)

## **COMITÉ ASESOR:**

Carlos Martínez Alonso (CSIC)  
José Manuel Fernández de Labastida (ERC)  
Pilar Tigeras Sánchez (CSIC)  
Pilar López Sancho (CSIC)  
Isabel Gómez Caridad (CSIC)

n.º 1

# Serie

## El CSIC en la Escuela

Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula

<http://libros.csic.es>

copia gratuita personal free copy

© CSIC © del autor o autores

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
MADRID, 2011

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, sólo se hace responsable del interés científico de sus publicaciones.

*Catálogo general de publicaciones oficiales:*  
<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

Para publicar en *Serie El CSIC en la Escuela:*  
<http://www.csicenlaescuela.csic.es/publicaciones.htm>



© CSIC

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

e-ISBN (n.º 1): 978-84-00-09296-2

e-NIPO: 472-11-089-X

Diseño, maquetación e ilustraciones: Alejandro Martínez de Andrés





## Rafael Rodrigo Montero

Presidente del Consejo Superior de  
Investigaciones Científicas

LA Agencia Estatal CSIC tiene entre sus funciones dos grupos de actividades igualmente importantes. La primera se refiere a la investigación propiamente dicha, realizar investigación científica y tecnológica, con las tareas de transmisión de conocimientos y formación que ello conlleva. La segunda, igualmente importante, nos obliga a fomentar la cultura científica en la sociedad.

Este segundo mandato no implica, en modo alguno, que creamos que la cultura presente dos vertientes, concepción denunciada en la sociedad anglo-norteamericana por Charles Percy Snow a mediados del siglo pasado. La forma de enunciarlo hace referencia, en mi opinión, a la necesidad de integrar en el concepto de cultura los conocimientos científicos que indudablemente forma parte de ella. Aunque no requiera demostración, quiero señalar que de los diez nombres que todos recordamos del periodo clásico griego, más de la mitad pertenecían a científicos.

Dentro de este segundo grupo de funciones, aparece igualmente la de **colaborar en la actualización de conocimientos en ciencia y tecnología del profesorado de enseñanzas no universitarias**. Esta labor, nueva en nuestra institución, se concreta en actividades formativas realizadas por el **Departamento de Postgrado y Especialización** y por el proyecto **El CSIC en la Escuela**, cuyo objetivo es el de formar a los profesores de enseñanza Infantil, Primaria y primer ciclo de Secundaria.

Este proyecto, encuadrado en la Vicepresidencia Adjunta de Organización y Cultura Científica, ha contado con el apoyo decidido de las dos últimas presidencias de nuestro organismo, y fruto de este apoyo y del trabajo de su equipo, su labor se ha extendido por más de un millar de colegios, de prácticamente todas las autonomías.

Un paso más en el camino que este proyecto está siguiendo, lo constituye este primer volumen que tengo el honor de presentar, con la seguridad de que constituirá un estímulo para los maestros en la labor de investigación en métodos y contenidos de enseñanza de la ciencia, trabajo que realizan codo con codo con nuestros investigadores.

Asimismo esta publicación será el instrumento para que los mejores proyectos de enseñanza se puedan extender a los colegios de este país y de Latinoamérica, donde El CSIC en la Escuela tiene una importante presencia.

---

Para terminar y poner de manifiesto mi especial simpatía hacia este proyecto, quiero citar las palabras que escribió Einstein a su amigo James Franck, ambos premios Nobel. Decía en su carta que **había sido él, Albert, y no otro el que había descubierto la teoría de la relatividad debido a que, por ser un niño de desarrollo lento había conservado, siendo adulto, la imaginación y la curiosidad.**

Y termino con el deseo de que los mejores alumnos de este proyecto sean los futuros investigadores de nuestro CSIC.



## Rafael Pardo Avellaneda

Director  
Fundación BBVA

**D**ESDE hace varias décadas las sociedades más avanzadas se esfuerzan por trasladar a la población adulta el perfil más general de la ciencia, tanto los conocimientos sustantivos resultado de la investigación, cuanto los modos de acercamiento al mundo natural y social propios de la ciencia y, también, los supuestos y valores de ésta. Las series más largas de indicadores para medir la familiaridad del público con la ciencia evidencian que la mayoría de la población, una vez abandonada la enseñanza formal, tiene serias dificultades para aprehender incluso el perfil más general y elemental de las imágenes del mundo ofrecidas por la ciencia.

El individuo típico de una sociedad con un alto grado de desarrollo valora positivamente la contribución de la ciencia al bienestar y confía y estima a la comunidad de los investigadores muy por encima de otras actividades y profesiones. Y, sin embargo, ese mismo individuo permanece ajeno, en gran medida, a los contenidos y modos de operar de la ciencia. Ese patrón de apropiación personal de la ciencia exhibe una significativa variabilidad entre países, con las sociedades escandinavas puntuando en la zona alta de conocimientos científico por parte del público, en tanto que los países del Sur de Europa se sitúan en la parte baja y a gran distancia de aquellas, algo que resulta particularmente marcado en el caso de España.

Lo que se conoce como «cultura científica» —especialmente la dimensión estrictamente cognitiva de la misma— es sumamente difícil de transmitir a la población adulta. Y ello, a pesar de la explosión de canales de información de las dos últimas décadas (desde la prensa escrita y la TV a Internet, pasando por los museos de ciencia) y de las políticas públicas dedicadas a su promoción, plasmadas en programas y actividades interesantes, pero de baja eficacia como las llamadas «semanas de la ciencia». Se requieren esfuerzos sociales e individuales muy considerables para obtener ganancias modestas en el acercamiento de los adultos a la ciencia.

En un breve, pero influyente escrito, del educador y pensador americano John Dewey, aparecido en la revista *Science* en 1934 bajo el título «The Supreme Intellectual Obligation», se ofrecía no solo un certero diagnóstico de una deficiencia todavía hoy presente, sino también algunas de las claves —desgraciadamente poco atendidas— para su progresiva eliminación. Dos elementos de esa pieza, particularmente relevantes en el contexto del lanzamiento de esta nueva publicación, eran el llamamiento a la comunidad científica a no abdicar de su responsabilidad en hacer llegar a la sociedad no solo los resultados prácticos de la ciencia, sino sobre todo los marcos conceptuales, la(s) metódica(s)

---

y la *cultura* toda de la ciencia, en definitiva no renunciar a transmitir la «actitud científica», los hábitos mentales y los valores asociados a «hacer ciencia». Los investigadores deberían completar las horas de laboratorio o de mesa de trabajo con tiempo dedicado a difundir en la sociedad la *worldview* de la ciencia. Un tercer componente de ese escrito es el énfasis en la educación infantil y la que ocurre al comienzo de la adolescencia, el periodo de desarrollo y marco de aprendizaje decisivo para entender que es la ciencia y como se consiguen o construyen esos conocimientos. Algo que exigiría ir más allá de la mera asimilación de información fáctica y de principios sueltos o débilmente estructurados.

El Programa El CSIC en la Escuela, en el que la Fundación BBVA colabora desde hace aproximadamente una década, responde de forma original a ese análisis y recomendaciones. A través de ese programa, los investigadores del CSIC interactúan con los docentes de los primeros niveles de la enseñanza y con los niños, cerrando un bucle virtuoso o una suerte de *continuum*, abarcando desde la investigación a la transmisión de la cultura científica. En ese circuito de realimentación son decisivos los investigadores que transmiten no solo ciencia ya hecha, sino la investigación en proceso y la pasión por el descubrimiento y la creación de modelos y esquemas conceptuales cada vez más potentes y formalmente elegantes.

Para la Fundación BBVA es motivo de orgullo poder colaborar de manera recurrente en este programa del CSIC, nuestra principal institución pública de investigación multidisciplinar. Que viene a complementar otra línea de actividad, los *Premios Francisco Giner de los Ríos a la Mejora de la Calidad Educativa*, desarrollados durante cerca de dos décadas, en colaboración con el Ministerio de Educación, orientados a reconocer y fomentar la innovación en los primeros niveles de la enseñanza, con especial atención a las áreas científicas.

Nuestra Fundación está especializada en impulsar el conocimiento científico y la cultura, principalmente a través de proyectos de investigación científica y de creación cultural. Pero por las razones expresadas más arriba, ese esfuerzo estaría incompleto si no fuera acompañado del fomento de la cultura científica del conjunto de la población a través de instrumentos diversos. De todos estos instrumentos, el que seguramente obtendrá —está obteniendo ya— mayores y mejores resultados es, junto a los *Premios Francisco Giner de los Ríos*, el programa *El CSIC en la Escuela*.

Con esta nueva serie de publicaciones se abre un espacio riguroso y dinámico para el análisis e intercambio de experiencias y de planteamientos conceptuales novedosos para abordar la misión de hacer «vivir la ciencia» a nuestros niños y adolescentes. Deseamos el mayor éxito a esta serie que ahora ve la luz, de la mano de una institución tan cercana y apreciada por cuantos integramos la Fundación BBVA como lo es el Consejo Superior de Investigaciones Científicas.



## José Manuel Fernández de Labastida y del Olmo

Gestor de proyectos del  
Consejo Europeo de Investigación (ERC)

**D**ESDE el principio de mi colaboración con el programa El CSIC en la Escuela observé la facilidad y la naturalidad con la que investigadores y maestros nos comunicábamos y colaborábamos, intentando establecer un mismo modelo de enseñanza, un modelo que propiciase el avance de la sociedad. Como todos sabemos, la dirección de ese avance se apoya siempre en una forma de ver el mundo, en una ideología, y esa es la razón por la que la educación ocupa siempre un lugar central en los proyectos políticos, ya sea para impulsarla o para estancarla.

Pero, ¿cómo avanza la sociedad? Si aplicamos el modelo de Kuhn a este avance, diremos que lo hace sustituyendo paradigmas, es decir, estéticas, modelos científicos, actitudes frente a la ciencia, formas de ver el mundo y conjuntos de valores. Estos paradigmas van modificándose, superponiéndose a veces, generando tensiones y luchas sociales que son lo que, en el fondo, constituye lo que llamamos la historia de la humanidad.

En este devenir histórico el papel de los investigadores y de los maestros es muy semejante: consiste en ir una generación por delante de nuestro tiempo. Los investigadores por que tienen que desarrollar la ciencia que se aplicará en la generación siguiente, y los maestros por que tienen que preparar a los ciudadanos de esa generación, ciudadanos que tienen que ser capaces de aplicar esos descubrimientos, de sacarles provecho, en definitiva, ciudadanos que se van a enfrentar a los problemas que hereden de nosotros. Podemos decir que la herencia que les trasladamos está formada por el planeta, en el estado en el que lo dejemos, y los conocimientos científicos, las actitudes éticas y la forma de ver el mundo que les transmitamos en la escuela.

Pero, ¿qué es lo esencial que debemos enseñar a nuestros alumnos? En mi opinión lo fundamental es darse cuenta de que detrás de la realidad que vemos con nuestros sentidos existe *algo* que le da coherencia y sirve para explicarla y entenderla. El conocimiento de ese *algo* es lo que distinguía en la antigüedad a los iniciados de la gente común y coincide con lo que los niños quieren saber cuando preguntan reiteradamente los porqués de las cosas. Y ese *algo*, esa estructura unificadora que nos permite que el mundo quepa en nuestro cerebro y que nos demandan nuestros alumnos, es obra de las personas, es el conjunto de interpretaciones, de conocimientos y modelos científicos que forman la herencia cultural que nos da identidad y nos permiten entender el mundo. Ese *algo* es lo esencial que debemos enseñar a nuestros alumnos.

---

El caso más sencillo lo encontramos en la física y en la química, las ciencias más básicas y por lo tanto las más sencillas. Por eso se emplean como modelo de estudio. Con ellas se ve claramente que, por ejemplo, detrás de los cambios de estado o la física de gases se encuentra el modelo molecular; que detrás de las reacciones químicas se encuentra el modelo atómico, etc. Y debemos enseñar que esa misma estructura de leyes explicadas por modelos es la que sirve para elaborar las demás disciplinas científicas: la biología, la geología e incluso la sociología y la economía.

Pero el secreto de los modernos iniciados no consiste sólo en conocer los modelos y sus consecuencias, sino en conocer lo que a partir de la revolución científica se llamó el método, una forma racional y desapasionada de observar y estudiar el mundo creando esos modelos que explican su comportamiento. Y, como todo iniciado sabe, estos modelos que tenemos de la naturaleza y de la sociedad no son más que una especie de construcciones virtuales del cerebro humano que debe procurarse sustituir por otras cada vez más eficientes. Esa es la grandeza y la dificultad de nuestra tarea: enseñar a la generación siguiente a crear modelos, con el esfuerzo que ello conlleva, sin apearse a ellos y buscando a la vez posibles fallos que nos conduzcan a otros nuevos y así avanzar en la comprensión del mundo.

La finalidad última del proyecto El CSIC en la Escuela, cuyos objetivos se encuadran en los objetivos generales del Ministerio de Ciencia e Innovación, es la de consolidar una comunidad de investigadores y maestros que investiguen y desarrollen sobre las formas más eficientes de la enseñanza de la ciencia en las primeras etapas. En esta serie de publicaciones se mostrarán las experiencias, propuestas y resultados de aquellos que vienen desarrollando nuevas pautas metodológicas en la enseñanza de la ciencia en la Educación Infantil y Primaria.

---

# ÍNDICE

Presentación	
<i>J. M.º López</i> .....	14
Con-ciencia: o cómo hacer que los alumnos de Primaria enseñen y aprendan ciencia haciendo pensar a los pequeños	
<i>J. J. Artázcoz</i> .....	18
Proyecto: atráelo como puedas	
<i>L. F. Ramos</i> .....	28
Ciencia, lectura y escritura. Ayuda mutua en Educación Infantil	
<i>C. Lorenzo y M. Santiago</i> .....	35
¿Qué le gusta a la rana Lupe?: Taller de Ciencias: INVESTIGO... con los imanes	
<i>M.º C. Acosta y J. M. Medina</i> .....	48
Sistemas expertos, un divertimento para maestros	
<i>M.º J. Gómez y J. M. López</i> .....	63
De Moby Dick a China, siguiendo la brújula: el magnetismo y sus implicaciones en la historia de la humanidad	
<i>A. Iriarte y N. Nuño</i> .....	71
Un mapa cultural para situar la enseñanza de la ciencia: la revolución científica y el fin del aristotelismo	
<i>M.º C. Refolio y J. M.º López</i> .....	81



## José María López Sancho

Director del programa El CSIC en la Escuela

### PRESENTACIÓN

**L**A presentación del primer número de una publicación que se va a prolongar en el tiempo es siempre, como todos los nacimientos, un acontecimiento alegre y lleno de esperanza. Y esta publicación nace con las características propias de su tiempo; es electrónica, está pensada para que llegue a los lectores casi a la vez que se escribe y está pensada para que todos los que forman parte de la familia de los educadores de las primeras etapas tengan acceso a ella, tanto para leer sus trabajos como para escribir en ella.

El proyecto nació, hace más de veinte años, como el resultado natural del deseo de los investigadores de comunicar a la sociedad la belleza de la ciencia y del entusiasmo de los maestros por preparar a sus alumnos para el mundo en que realmente van a vivir. Ambos colectivos, cuyo material de trabajo es el conocimiento, tenían necesariamente que entenderse. Los investigadores, que hacen avanzar la ciencia, trabajan en el límite del conocimiento, y los maestros, que ayudan a sus alumnos a construir ese conocimiento, trabajan en el límite del desarrollo cognitivo de sus alumnos (que Piaget caracterizó); unos y otros tienen la común vocación de los luchadores de frontera.

Y tenemos el honor de presentaros esta publicación desde el Campus de Serrano del CSIC, que la mayoría de vosotros ha visitado para asistir a nuestras reuniones de trabajo, donde se conservan los recuerdos de la etapa más progresista de la ciencia y de la educación de España.

Aquí, entre la Residencia de Estudiantes y las aulas del Instituto Escuela, ambos de la Junta de Ampliación de Estudios pero con influencia de la Institución Libre de Enseñanza, permanecen los espíritus de Francisco Giner de los Ríos, Santiago Ramón y Cajal, Blas Cabrera, Enrique Moles, Arturo Duperrier, Miguel Catalán, Alberto Jiménez-Frau, Federico García Lorca, Luis Buñuel, Salvador Dalí, Rafael Alberti, Antonio Machado y Juan Ramón Jiménez, y tantos otros cuyos nombres queremos recordar. Y es aquí, en la Colina de los Chopos, en los jardines que plantó Juan Ramón Jiménez, entre las adelfas que él cuidaba y donde imaginó que trotaba Platero, donde nace El CSIC en la Escuela, creado por un grupo de investigadores y maestros, como ya hemos dicho, a principios de los años 90.

---

Aunque el proyecto siempre ha gozado del apoyo de todos los equipos directivos del CSIC, cuando realmente comenzó a hacerse importante fue durante la presidencia de Carlos Martínez Alonso, con José Manuel Fernández de Labastida y Rafael Rodrigo Montero como vicepresidentes. La visión integradora de la Cultura de este equipo se materializó en una placa donde por primera vez se asocia el CSIC a la Junta de Ampliación de Estudios; así, bajo la mirada de Santiago Ramón y Cajal y Severo Ochoa se da justificación histórica a la existencia de nuestra Institución.

Fue este mismo equipo el que creó el Área de Cultura Científica, que diseñó y desarrolló Pilar Tigeras Sánchez, donde se sitúa orgánicamente nuestro programa. Actualmente se extiende a las Comunidades Autónomas de Navarra, La Rioja, Castilla y León, Castilla La Mancha, Galicia, Extremadura, Andalucía, País Vasco, Madrid, Murcia y Valencia. El CSIC en la Escuela ha evolucionado y en la actualidad es un proyecto conjunto entre el CSIC y la Fundación BBVA en el que científicos y maestros investigan juntos para mejorar la enseñanza de las ciencias en las primeras etapas educativas. Esta labor se lleva a cabo con el apoyo de los Centros de Formación del profesorado de las Consejerías de Educación de estas Autonomías.

Gracias a este apoyo, el proyecto cuenta con la participación de más de ochocientos centros educativos manteniendo una labor continua entre investigadores y maestros cuyo resultado se plasma en los diferentes encuentros científicos no solo con profesores, sino también con la participación de los alumnos y sus familias.

Desde los inicios de su actividad el equipo de El CSIC en la Escuela ha sido sensible a las motivaciones y necesidades de la comunidad de maestros partícipes del proyecto. Por esta razón, junto a la labor formativa, se propicia la organización de congresos (donde los profesores intercambian experiencias y opiniones), se facilita la publicación on-line de sus actividades en el aula y ahora, con esta publicación, se ofrece un espacio para sus experiencias y artículos de investigación. Todos estos pasos responden a nuestro convencimiento de que los profesionales de la educación deben publicar los resultados de sus experiencias, defenderlos y discutirlos públicamente tal y como desde sus inicios vienen haciendo los miembros de la comunidad científica. Este es el propósito de la serie de libros que ahora comienza.

Nuestra esperanza es que, con el tiempo, esta metodología será la que lleve a una masa crítica de maestros, sensibles al espíritu de este proyecto, que desarrollen labores de investigación en el aula tal y como es generalizado en muchos países de nuestro entorno.

Como preludeo a los artículos de este primer número queremos incluir un homenaje a Francisco Giner de Los Ríos, inspirador del espíritu renovador de la enseñanza a todos los niveles, en la se fundamenta este proyecto. Giner de los Ríos se adelantó a su tiempo proponiendo y llevando a la práctica la enseñanza de la ciencia en el aula de Infantil y Primaria; y vamos a rendirle tributo reproduciendo la nota necrológica que, lleno de sentimiento, le dedicó uno de sus alumnos más distinguidos.

## **DON FRANCISCO GINER DE LOS RÍOS**

**Por Antonio MACHADO**

«Los párvulos aguardábamos, jugando en el jardín de la Institución, al maestro querido. Cuando aparecía don Francisco, corríamos a él con infantil algazara y lo llevábamos en volandas hasta la puerta

de la clase. Hoy, al tener noticia de su muerte, he recordado al maestro de hace treinta años. Yo era entonces un niño, él tenía ya la barba y el cabello blanco.

En su clase de párvulos, como en su cátedra universitaria, don Francisco se sentaba siempre entre sus alumnos y trabajaba con ellos familiar y amorosamente. El respeto lo ponían los niños o los hombres que congregaba el maestro en torno suyo. Su modo de enseñar era socrático: el diálogo sencillo y persuasivo. Estimulaba el alma de sus discípulos —de los hombres o de los niños— para que la ciencia fuese pensada, vivida por ellos mismos. Muchos profesores piensan haber dicho bastante contra la enseñanza rutinaria y dogmática, recomendando a sus alumnos que no aprendan las palabras sino los conceptos de textos o conferencias. Ignoran que hay muy poca diferencia entre aprender palabras y recitar conceptos. Son dos operaciones igualmente mecánicas. Lo que importa es aprender a pensar, a utilizar nuestros propios sesos para el uso a que están por naturaleza destinados y a calcar fielmente la línea sinuosa y siempre original de nuestro propio sentir, a ser nosotros mismos, para poner mañana el sello de nuestra alma en nuestra obra.

Don Francisco Giner no creía que la ciencia es el fruto del árbol paradisiaco, el fruto colgado de una alta rama, maduro y dorado, en espera de una mano atrevida y codiciosa, sino una semilla que ha de germinar y florecer y madurar en las almas. Porque pensaba así hizo tantos maestros como discípulos tuvo.

Detestaba don Francisco Giner todo lo aparatoso, lo decorativo, lo solemne, lo ritual, el inerte y pintado caparazón que acompaña a las cosas del espíritu y que acaba siempre por ahogarlas. Cuando veía aparecer en sus clases del doctorado —él tenía una pupila de lince para conocer a las gentes— a esos estudiantones hueros, que van a las aulas sin vocación alguna, pero ávidos de obtener a fin de año un papelito con una nota, para canjearlo más tarde por un diploma en papel vitela, sentía una profunda tristeza, una amargura que rara vez disimulaba.

Llegaba hasta a rogar les que se marchasen, que tomasen el programa H el texto B para que, a fin de curso, el señor X los examinase. Sabido es que el maestro no examinaba nunca. Era don Francisco Giner un hombre incapaz de mentir e incapaz de callar la verdad; pero su espíritu fino, delicado, no podía adoptar la forma tosca y violenta de la franqueza catalana, derivaba necesariamente hacia la ironía, una ironía desconcertante y cáustica, con la cual no pretendía nunca herir o denigrar a su prójimo, sino mejorarle. Como todos los grandes andaluces, era don Francisco la viva antítesis del andaluz de pandereta, del andaluz mueble, jactancioso, hiperbolizante y amigo de lo que brilla y de lo que truena. Carecía de vanidades, pero no de orgullo; convencido de ser, desdeñaba el aparentar. Era sencillo, austero hasta la santidad, amigo de las proporciones justas y de las medidas cabales. Era un místico, pero no contemplativo ni extático, sino laborioso y activo. Tenía el alma fundadora de Teresa de Ávila y de Iñigo de Loyola; pero él se adueñaba de los espíritus por la libertad y por el amor. Toda la España viva, joven y fecunda acabó por agruparse en torno al imán invisible de aquél alma tan fuerte y tan pura.

...Y hace unos días se nos marchó, no sabemos adónde. Yo pienso que se fue hacia la luz. Jamás creeré en su muerte. Sólo pasan para siempre los muertos y las sombras, los que no vivían la propia vida. Yo creo que sólo mueren definitivamente —perdonadme esta fe un tanto herética—, sin salvación posible, los malvados y los farsantes, esos hombres de presa que llamamos caciques, esos repugnantes cuca-



Antonio Machado.

---

ñistas que se dicen políticos, los histriones de todos los escenarios, los fariseos de todos los cultos, y que muchos, cuyas estatuas de bronce enmohece el tiempo, han muerto aquí y, probablemente, allá, aunque sus nombres se conserven escritos en pedestales marmóreos.

Bien harán, amigos y discípulos del maestro inmortal, en llevar su cuerpo a los montes del Guadarrama. Su cuerpo casto y noble merece bien el salmo del viento en los pinares, el olor de las hierbas montaraces, la gracia alada de las mariposas de oro que juegan con el sol entre los tomillos. Allí, bajo las estrellas, en el corazón de la tierra española reposarán un día los huesos del maestro. Su alma vendrá a nosotros en el sol matinal que alumbra a los talleres, las moradas del pensamiento y del trabajo».

*De «Idea Nueva». Baeza, 23 de febrero de 1915  
Boletín de la Institución Libre de la Enseñanza, número 664, Madrid, 1915*

# Con-ciencia: o cómo hacer que los alumnos de Primaria enseñen y aprendan ciencia haciendo pensar a los pequeños



**José Javier Artázcoz Oroz\***

*Coordinador del proyecto Con-ciencia*

---

## Autores

L. M.<sup>a</sup> Del Hoyo San Rafael, M. C. Aldaz Macaya, R. M. Álvarez Blanco, E. Alonso Luermo, I. Poza Muñoz, M. Murillo Núñez, B. Labanda Sánchez, E. López Meneses, M. Lorenzo Jiménez, M. D. Rodríguez Gracia, R. Ros Caro, E. Jáuregui Oncea, M. Recalde Cuervo, G. Jáuregui Ojer, C. Galdeano Lesaga, J. L. Maeztu Esparza, J. Baldúz Calleja, L. Díaz Sánchez, C. Tolosana Urrutia, L. Martín Armenteros, A. Iraizoz Remiro, S. Aguilera Villalobos, R. Ruíz de Galarreta Illana, J. Luque Alarcón, G. Marín Baztán, M. T. De Antonio Echavarrí, M. R. Olló Munárriz, O. Grande Fernández, M. Bergera Ongay, P. Odériz Navarraz, E. Arregui Adrián, S. Sevilla Gómez, M. A. Serrano Juarista, B. Alonso Sacristán, J. J. Berrade Valencia, P. J. Ganuza Hernández, M. M. Sainz de Murieta Gastón, R. M. Rodríguez Villa, A. Lizarazu López, J. J. Artázcoz Oroz.\*\*

---

## Palabras clave

Ciencia, educación, competencias, erosión, suelo, proyecto, infantil, primaria.

---

## Resumen

¿Todo un Centro trabajando la ciencia, descubriendo y aplicando el método científico? ¿Lo intentamos? ¿Y si además hacemos que sean los mayores los que expliquen ciencia a los pequeños?

El proyecto surge tras la realización de varios cursos de Iniciación a la Ciencia en la Escuela. Desde 1º de Infantil hasta 6º de Primaria las 28 aulas del Colegio han trabajado distintos temas (magnetismo, óptica, mecánica, el agua y el modelo molecular, el espacio...).

Todo este planteamiento ha sido una aplicación de las competencias básicas. El aspecto más innovador de nuestro proyecto ha sido la realización de experiencias interciclos en las que el alumnado de 4º, 5º y 6º ha preparado experiencias científicas para que sus compañeros de 1º, 2º y 3º de Primaria pudieran encontrar respuestas a las preguntas que ellos mismos habían formulado.

El laboratorio de nuestro Centro es un lugar conocido por todos los alumnos y alumnas. Han estado muchas veces y seguirán acudiendo durante los próximos cursos. En este lugar han observado, han

.....

\* E-mail del autor: [jartazco@educacion.navarra.es](mailto:jartazco@educacion.navarra.es).

\*\* Profesores de 1º, 2º y 3º E. Infantil y 1º, 2º, 3º, 4º, 5º y 6º de E. Primaria del Colegio San Jorge, Pamplona.

manipulado, han medido, han mezclado... y por supuesto, han roto cosas «sin querer». Pero, ¿para qué sirve un laboratorio perfecto si no se usa?

La totalidad de los alumnos ha participado con gusto en la realización de las actividades del proyecto. No suele ser algo habitual entre los mayores 5º y 6º que manifiesten su emoción, su satisfacción o incluso su interés por los trabajos escolares.

Cuando algo de esto ocurre se trata de aquellas experiencias que recordarán muy gratamente en el futuro. Creemos que cuando nuestros alumnos y alumnas rememoren sus años de escuela tendrán un recuerdo vivo sobre las actividades que realizaron en el proyecto Con-ciencia.

---

## ¿Cómo surgió el proyecto?

El proyecto surgió como un proceso natural que se inició con la participación de dos de los profesores del centro en un seminario del CSIC durante el curso 2006-2007.

Tras esta experiencia se expuso al claustro la necesidad de formación para trabajar la ciencia desde las aulas empleando el método científico.

Durante el curso 2007-2008 un numeroso grupo de profesores del Centro participó en el Seminario Iniciación a la Ciencia que organizó el CAP de Pamplona. El profesorado participante puso en práctica, en el colegio, algunas de las experiencias que se han trabajado también en este proyecto.

A comienzos del pasado curso se planteó al claustro la conveniencia de extender el aprendizaje de la ciencia a todos los alumnos del Centro implicándonos en un proyecto que insistiera en el empleo del método científico y en la cooperación de los alumnos y alumnas en experiencias interciclos. Presentamos este proyecto bajo el título: «Con-ciencia: un proyecto para trabajar la ciencia en Educación Infantil y Primaria» a la convocatoria de Proyectos de Innovación del Gobierno de Navarra y fue seleccionado y subvencionado para su realización.

## Objetivos

Los objetivos que pretendimos conseguir con el proyecto Con-ciencia fueron:

- Favorecer el trabajo científico y fomentar una enseñanza más participativa y activa.

- Buscar respuestas o soluciones a problemas de tipo científico a partir de preguntas planteadas e hipótesis de investigación.
- Diseñar procesos que permitan la recogida de datos y la organización de la información.
- Identificar regularidades y deducir conclusiones a partir de las evidencias obtenidas.
- Describir y justificar de forma oral, escrita y gráfica, el proceso llevado a cabo y los resultados obtenidos.
- Ayudar a comprender e interpretar el entorno, sus elementos e interacciones, a través de la observación y la experimentación.

## Conceptos científicos trabajados por curso

EN EDUCACIÓN INFANTIL	EN EDUCACIÓN PRIMARIA
1º MAGNETISMO	1º LAS FUERZAS. EL MAGNETISMO Y LA ELECTRICIDAD
2º EL AIRE	2º ÁTOMOS Y LA MATERIA: EL AGUA
3º LAS FUERZAS. ÉRASE UNA VEZ EL ESPACIO. EL AGUA	3º ÁTOMOS Y LA MATERIA; ÓPTICA Y LA LUZ; ENERGÍA Y ELECTRICIDAD
	4º LAS FUERZAS. EL MAGNETISMO Y LA ELECTRICIDAD
	5º ÁTOMOS Y LA MATERIA: EL AGUA
	6º ÁTOMOS Y LA MATERIA; ÓPTICA Y LA LUZ; ENERGÍA Y ELECTRICIDAD

**Tabla 1.**

Los temas (**Tabla 1**) abordados por estas agrupaciones de distintos niveles están incluidos en el currículo de conocimiento del medio natural, social y cultural de los distintos niveles de Educación Primaria (EP).

## Metodología

El planteamiento metodológico del proyecto de innovación «Con-ciencia» se fundamentó en varios pilares ideológicos:

- La transmisión del conocimiento no puede darse hoy en día exclusivamente mediante clases magistrales sino que es necesario que el alumnado construya su propio aprendizaje.

*Buscamos hacer pensar de forma científica, para que cada uno construya sus hipótesis.*

- Los aprendizajes que se construyen han de ser útiles ahora. En este proyecto planteamos una utilidad al presente. «Necesitaremos aprender esto porque lo aplicaremos enseguida.»

- Los aprendizajes han de ser transmitidos. Buscamos, también, una utilidad que redunde no sólo en uno mismo, sino también en aquellos que están cerca. Las experiencias que se presentan responden al enfoque de un colectivo que intenta marchar en una misma dirección.

- Los aprendizajes deben tener rigor. Queremos que la construcción del aprendizaje se haga con rigor. Para ello, nuestro trabajo se basó en la aplicación del método científico de acuerdo con el planteamiento del equipo de El CSIC en la Escuela del CSIC.

### *¿QUÉ HICIMOS EN 5º CON LAS DUDAS DE LAS CLASES DE 2º?*

- *Investigamos las preguntas en nuestros libros.*
- *Seleccionamos algunas para trabajarlas.*
- *Estudiamos la composición del agua, comprendimos que significaba.*
- *Planificamos y realizamos experimentos y modelos.*
- *Comprobamos y evaluamos lo trabajado.*

Creemos que estas experiencias son novedosas desde el punto de vista metodológico porque en Educación Primaria las hemos realizado con agrupamientos de alumnado interciclos (5º y 2º de EP, 6º y 3º de EP, 4º y 1º de EP) donde los mayores han tutorizado a los pequeños, siendo parte activa en la transmisión de la cultura científica.

## Competencias básicas

Todo este planteamiento ha sido una aplicación de las competencias básicas siguientes:

### Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico

Muchos de los aprendizajes, que el área de conocimiento del medio integra, se refieren a la interacción del ser humano con el mundo que le rodea y aborda conceptos que permiten interpretar el mundo físico. Es en esta área del currículo donde se aplica el método científico (**Imagen 1**), mediante el cual se construye el conocimiento científico: saber definir problemas, realizar hipótesis, medir, analizar, generalizar... Ser competente en el conocimiento y la interacción con el mundo físico es en este proyecto: observar, medir, elaborar hipótesis, experimentar, comprobar, concluir... en definitiva: aplicar el método científico.

### Competencia matemática

En el área de conocimiento del medio se emplean herramientas matemáticas que contribuyen al desarrollo de esta competencia.



**Imagen 1.** En 2º de Primaria hubo que descubrir el laboratorio y aprender a estar en él.

En el proyecto Con-ciencia los alumnos y alumnas han descubierto que ciencia es todo aquello que se puede medir, contar y pesar; que utiliza unas determinadas unidades de medida. También se han dado cuenta de que es necesario utilizar instrumentos de medida para probar la certeza o el error de nuestras hipótesis y que para todo ello se emplean las matemáticas.

## Competencia en el tratamiento de la información y competencia digital

La información es un elemento fundamental en los aprendizajes de esta área. El planteamiento de hipótesis requiere la búsqueda de soluciones y para ello es necesario recurrir a fuentes diversas de información. La utilización de las TIC (búsquedas guiadas en Internet, mediante ninquest o webquest, empleo de registros gráficos...) contribuye de forma decisiva al desarrollo de esta competencia. En el proyecto se ha recurrido en varias ocasiones a la búsqueda guiada de información para comprender mejor un fenómeno o para realizar algún experimento.

## Competencia en comunicación lingüística

Ser rigurosos en el trabajo científico implica el empleo de un vocabulario específico del ámbito de la ciencia. Trabajar con agrupamientos interciclos obliga a los alumnos mayores a ser competentes en sus explicaciones. Deben preparar sus intervenciones orales para lograr una claridad de exposición y una adecuación de su discurso a la comprensión de los pequeños. Necesitan una reflexión personal y grupal sobre qué vamos a comunicar y cómo vamos a hacerlo. Todo ello contribuye a mejorar la competencia en comunicación lingüística.

## Competencia de aprender a aprender

¿Cómo transmitir una información si no se domina esa información? Los alumnos necesitan encontrar estrategias y técnicas que les permitan hacerse con la información que han de transmitir y sentirse seguros a la hora de hacerlo. El empleo de resúmenes y esquemas es fundamental para el desarrollo de esta competencia. En nuestro proyecto la elaboración de modelos que permitan explicar los fenómenos observados es una buena contribución para mejorar la competencia de aprender a aprender.

## Competencia social y ciudadana

En el proyecto Con-ciencia todos los alumnos y alumnas han participado. Cada uno desde su diferente nivel y con sus diferentes capacidades. Alumnos de NNEE han explicado con ayuda de otros compañeros experiencias muy sencillas a alumnos más pequeños, o han ayudado a la explicación de un compañero. Alumnos con un conocimiento muy limitado del idioma han aportado sus explicaciones en actividades en las que la manipulación era más

*No queríamos que los alumnos de 5º respondieran a las preguntas sobre el agua que les hicieron los de 2º. Queríamos que ellos buscaran sus propias respuestas.*

importante que la palabra. Además, trabajar para exponer experiencias a otros grupos ha supuesto adquirir una conciencia de pertenencia al grupo y al Centro. Recibir información de los mayores para encontrar nuestras propias respuestas también ha creado lazos entre pequeños y mayores.

## Desarrollo del trabajo

Hacer que todo un Centro trabaje ciencia en las aulas empleando el método científico ha sido para nosotros un trabajo de innovación. El proyecto se llevó a cabo a través de talleres, en Infantil y Primaria, adaptando los objetivos y contenidos a cada nivel.

Nuestra apuesta de innovación ha sido compartir conocimientos y experiencias entre alumnos de los diferentes ciclos, participando de forma activa en la elaboración, realización y presentación de las mismas.

En Educación Infantil se trabajó en cada clase o haciendo agrupaciones por niveles. Pero en Educación Primaria quisimos dar un paso más en cuanto a innovación metodológica y es esto precisamente lo que queremos exponer en este artículo.

En Primaria se realizaron tres agrupaciones: 1º y 4º; 2º y 5º; 3º y 6º. En total se implicaron 18 aulas con una media de 20 alumnos cada una. Estos tandemes (1º- 4º; 2º- 5º y 3º- 6º) trabajaron distintos temas, relacionados con la ciencia, que están en el currículo de conocimiento del medio natural, social y cultural de ambos niveles. Todo ello, llevó un proceso de trabajo que hemos separado en dos partes:

### 1ª PARTE

Trabajo en el aula de 4º, 5º o 6º y en el aula de 1º, 2º o 3º que se lleva a cabo de forma independiente en cada una de las clases.

Este trabajo fue de investigación por parte de los alumnos y alumnas de cada uno de los niveles.

En el caso de los alumnos pequeños (1º, 2º y 3º) durante esta parte del proyecto se plantearon actividades de introducción al tema para saber los conocimientos previos de los alumnos. También se realizaron actividades de experimentación y actividades en las que se recogieron los conceptos que no conocían y que deseaban conocer.

En el caso de los alumnos mayores el trabajo, que formó parte de la materia objeto del control del tema, consistió en plantear hipótesis, recoger datos, diseñar y construir modelos (**Imagen 2** e **Imagen 3**), y llegar a conclusiones.



**Imagen 2.** Diseñamos modelos para ejemplificar sus preguntas sin contestarlas.



**Imagen 3.** Modelo para comprender la filtración del agua en la tierra.

Todo ello con el fin de comprender el tema de trabajo y conocer las respuestas a las dudas de los pequeños. Estas actividades se llevaron a cabo dentro del aula y en el laboratorio.

## 2ª PARTE

Incluyó una serie de propuestas en las que el grupo de alumnos y alumnas de 4º, 5º o 6º de Primaria dirigieron las actividades de investigación de los alumnos y alumnas de 1º, 2º o 3º.

Estas propuestas partieron de las nociones que los alumnos menores deseaban conocer y que, estando dentro del temario trabajado en los niveles de los mayores, los alumnos mayores eran capaces de poder exponer mediante experimentos y experiencias realizadas en el laboratorio para que los alumnos pequeños realizaran sus propias hipótesis.

Antes de realizar las experiencias con los alumnos menores, los mayores tuvieron que prepararlas para que sus exposiciones pusieran en la pista a los pequeños sobre aquello que habían preguntado, pero sin contarles todo, sin dar las respuestas, porque eran los pequeños quienes debían ir a sus aulas a contestarlas.

Las experiencias de laboratorio se realizaron tanto en grupos reducidos compuestos por alumnos de ambos cursos, como por la totalidad del alumnado de una clase de 5º y una clase de 2º, por ejemplo (en total una media de 38 alumnos aproximadamente). Las actividades se llevaron a cabo trabajando los grupos simultáneamente en el laboratorio del colegio.

Al finalizar cada experiencia tenía lugar una puesta en común en la que participaban todos los alumnos (5º y 2º) y sus tutores. En ella los tutores procuraban identificar las dudas que habían ido surgiendo y hacían un breve recorrido de lo expuesto por los mayores para que los pequeños verbalizaran sus descubrimientos.

## Valoración

Cuando planteamos nuestro proyecto al claustro del Centro pretendíamos dar un impulso al trabajo con la ciencia que habíamos iniciado con el Equipo de Didáctica de las Ciencias del CSIC en cursos anteriores. Buscábamos la implicación de una buena parte del profesorado del CP San Jorge en esta área del conocimiento.

Esta pretensión se logró en tanto en cuanto en nuestro Centro durante el curso escolar 2008-2009 hemos trabajado mucho y muchos la ciencia. El profesorado participante se implicó, cada uno en la medida de sus fuerzas, interesándose y colaborando con los demás para el éxito del proyecto.

Escogimos el nombre «Con-ciencia» para nuestro proyecto por el juego de palabras e ideas que contiene. Pretendíamos hacer experiencias con ciencia, es decir empleando el método científico. Buscábamos crear una conciencia, un conocimiento exacto y reflexivo de las cosas. Deseábamos una toma de conciencia, que nuestro Centro asumiese intencionadamente una realidad, la necesidad de potenciar la competencia científica.

Creemos que en el proyecto hemos desarrollado experiencias con ciencia, puesto que hemos empleado el método científico, en ocasiones con el magnífico apoyo de materiales y asesoramiento del CSIC y del CAP de Pamplona.

Pensamos que hemos creado la conciencia, la necesidad de cuestionarse el por qué de lo que vemos. Sabemos que, como docentes, hemos tomado conciencia de la importancia de la competencia científica en nuestro trabajo y hemos intentado transmitirla.

Queremos también hacer constar que las actividades realizadas nos han llevado mucho tiempo de preparación tanto para pensarlas y darles coherencia, como para llevarlas al aula o al laboratorio con el alumnado.

Hacer que los alumnos fueran tutores de los compañeros menores ha exigido varias sesiones con los mayores para una sola sesión conjunta.

Eso tiene su precio en el temario. No todo ha sido un camino de rosas, especialmente al final, cuando ha habido que plasmar por escrito lo realizado. A pesar de todo ello, creemos que el trabajo ha sido positivo y gratificante. Que el esfuerzo compensa tanto por la motivación que se ha observado en los alumnos, como por los aprendizajes adquiridos por ellos.

No puede faltar en una valoración de un proyecto como este la opinión del alumnado. La totalidad de los alumnos ha participado con gusto en la realización de las actividades del proyecto. No suele ser algo habitual entre los mayores 5º y 6º que manifiesten su emoción, su satisfacción o incluso su interés por los trabajos escolares. Cuando algo de esto ocurre se trata de aquellas experiencias que recordarán muy gratamente en el futuro. Creemos que cuando nuestros alumnos y alumnas rememoren sus años de escuela tendrán un recuerdo vivo sobre las actividades que han realizado en el proyecto Con-ciencia.

El laboratorio de nuestro Centro es ahora un lugar conocido por todos los alumnos y alumnas. No porque fueran una vez, no. Han estado muchas veces y seguirán estando en próximos cursos. En el laboratorio han observado, han manipulado, han medido, han mezclado...y por supuesto, han roto cosas «sin querer». Pero, ¿para qué sirve un laboratorio perfecto si no se usa?

Durante el desarrollo de nuestro proyecto pasaron a mejor vida un huevo de avestruz, un huevo de herrero, dos termómetros, un número indeterminado de bombillas, tres preparaciones de microscopio, y varias probetas y matraces. Sufrimos una pequeña inundación en el laboratorio que gracias al personal de limpieza se resolvió sin daños. Si un Equipo Docente se plantea trabajar la competencia científica podrá encontrar en las experiencias de nuestro Centro una base para poder reelaborar o crear sus actividades empleando el método científico. Al proyecto «Con-ciencia» se accede a través de este enlace: <http://irati.pnte.cfnavarra.es/cpsanjorge/moodle>. Mediante ese enlace se accede al aula virtual. En el cuadro de Categorías se selecciona «La ciencia en las aulas». Después se pincha: «Con-ciencia». Hay que entrar como invitado.

## Agradecimientos

Agradecemos el asesoramiento, la colaboración y los apoyos del Grupo de El CSIC en la Escuela, y de nuestra asesora del CAP de Pamplona.

---

### Referencias bibliográficas

Equipo de El CSIC en la Escuela. Formación del profesorado [en línea]: <<http://www.csicenlaescuela.csic.es/>> [consulta: Septiembre 2008].

# Proyecto: atráelo como puedas



**Luís Florián Ramos Sánchez\***

Maestro del Centro de Educación Obligatoria de Coreses, Zamora

---

## Palabras clave

Ciencia, educación, magnetismo, electricidad, imán, oersted, campo, brújula, competencia.

---

## Resumen

Este proyecto tratará contenidos relacionados con el magnetismo y la relación de éste con la electricidad.

El proyecto «¡Atráelo como puedas!» se lleva a cabo dentro del Taller de Ciencias que se ha desarrollado en el Aula de Torres del Carrizal, perteneciente al CEO de Coreses (Zamora). Dicha aula está formada por diez alumnos/as de niveles comprendidos entre 2º y 6º de E. Primaria.

Debido a la diferencia de ciclos y edades existentes en cada aula, la dinámica general de trabajo será ir hablando por orden de edad para que de esta forma, los pequeños puedan por sí solos ir descubriendo cosas con el apoyo de los mayores, que serán los últimos en hablar, ya que sus respuestas serán más acertadas que las de los pequeños.

Partiendo de una actividad motivadora, «El baile de la chincheta», los alumnos/as descubrirán y aprenderán desde el uso y funcionamiento de una brújula hasta la construcción de un simple electroimán.

---

## Introducción

El Taller de Ciencias se ha llevado a cabo en el aula de Torres del Carrizal (CEO de CORESES) durante el curso 2008-2009. El coordinador de dicho taller es D. Luis Florián Ramos Sánchez (**Tabla 1**).

Aula	Alumnos			
Torres del Carrizal	Nº de Alumnos/as que comenzaron el taller	Nº de Bajas	Nº de nuevas incorporaciones	Nº de Alumnos/as que completaron el taller
	9	0	1 (Tercer Trimestre)	10

**Tabla 1.** Alumnos del taller.

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

## Objetivos

- Descubrir qué es el magnetismo y la existencia de imanes naturales y artificiales.
- Conocer que los imanes tienen dos polos y que se atraen o repelen en función de cómo se acerquen sus polos.
- Comprender el funcionamiento de una brújula.
- Saber qué son los electroimanes, cómo se construyen y algunas de sus aplicaciones.
- Desarrollar hábitos de trabajo individual y de equipo, de esfuerzo y responsabilidad en el estudio, así como actitudes de confianza en sí mismo, sentido crítico, iniciativa personal, curiosidad, interés y creatividad en el aprendizaje.
- Iniciarse en la utilización, para el aprendizaje, de las tecnologías de la información y la comunicación.

## Contenidos trabajados

- El magnetismo. Campos magnéticos.
- Atracción y repulsión de dos imanes.
- El magnetismo terrestre y la brújula.
- Relaciones entre la electricidad y el magnetismo.

## Metodología

La metodología ha partido de un hecho motivador que crea en el niño/a el interés hacia el magnetismo y todo lo relacionado con él.

La actividad (**Imagen 1**) de partida para motivar a los alumnos/as fue «El baile de la chincheta» junto con la narración del cuento «Magnes, el Pastor». A partir de dicha tarea el maestro llevó a cabo un proceso de descubrimiento guiado, mediante el cual, se fue poco a poco sembrando el interés del alumno/a por el tema.

El papel del maestro fue de guía, conduciendo en todo momento el proceso de enseñanza-aprendizaje. El papel del niño/a fue totalmente activo y participativo, siendo el protagonista de dicho proceso.

La observación y la experimentación han sido los instrumentos utilizados en todo momento para la adquisición de los objetivos señalados anteriormente. Asimismo, ha jugado un papel muy importante la utilización de las nuevas tecnologías como apoyo para el desarrollo del proyecto.

La disposición de los alumnos/as a la hora de trabajar se llevó a cabo mediante pequeños grupos, lo cual facilitó que todos los alumnos/as puedan realizar las diferentes actividades de una forma más dinámica y eficaz. Debido a la diferencia de ciclos y edades existentes en cada aula, la dinámica fue ir hablando por orden de edad para que de esta forma, los pequeños hayan podido por si solos ir descubriendo cosas con el apoyo de los mayores, que fueron los últimos en hablar, ya que sus respuestas han sido más acertadas que las de los pequeños.



Imagen 1. Actividades del taller.

## Actividades

A continuación se enumeran las actividades que se han realizado:

• ACTIVIDAD MOTIVANTE	«El baile de la chincheta»
• ACTIVIDAD 1	«Atraer o no atraer, esa es la cuestión»
• ACTIVIDAD 2	«¿Dónde está mi fuerza?»
• ACTIVIDAD 3	«¡Dame tu fuerza!»
• ACTIVIDAD 4	«¿Bailo o no bailo?»
• ACTIVIDAD 5	«¡No pierdas el Norte!»
• ACTIVIDAD 6	«¡Gira, gira imán!»
• ACTIVIDAD 7	«¡Me atrae, no me atrae!»
• ACTIVIDAD 8	«¡Viajamos al centro de la Tierra!»
• ACTIVIDAD 9	«El campo magnético»
• ACTIVIDAD 10	«Líneas magnéticas»
• ACTIVIDAD 11	«Buena tarde para pescar» (Imagen 2)
• ACTIVIDAD 12	«Natación sincronizada»
• ACTIVIDAD 13	«La brújula de Oesterd»
• ACTIVIDAD 14	«Un electromán»

## Evaluación

La evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje ha tenido tres etapas bien diferenciadas:

- **Evaluación inicial:** donde se comprobó los conocimientos previos de los alumnos/as en relación con el tema a trabajar.
- **Evaluación procesual:** se llevó a cabo a través de la observación directa y sistemática del trabajo realizado por los alumnos/as durante el curso.
- **Evaluación final:** se realizó al final. Se ha comprobado si los alumnos/as han adquirido los conocimientos previstos, si el taller ha cumplido las expectativas esperadas, etc.



**Imagen 2.** Actividad: «Buena tarde para pescar».

Los criterios de evaluación son los siguientes:

- Descubrir qué es el magnetismo y la existencia de imanes naturales y artificiales.
- Conocer que los imanes tienen dos polos y que se atraen o repelen en función de cómo se acerquen sus polos.
- Comprender el funcionamiento de una brújula.
- Aprecia la relación entre magnetismo y electricidad.
- Desarrollar hábitos de trabajo individual y de equipo, de esfuerzo y responsabilidad en el estudio, así como actitudes de confianza en sí mismo.
- Sentido crítico, iniciativa personal, curiosidad, interés y creatividad en el aprendizaje.
- Utiliza para el aprendizaje las tecnologías de la información y la comunicación.

## Relación con otras áreas. Competencias

Este taller a pesar de estar enmarcado dentro del área de Conocimiento del medio natural, social y cultural se ha relacionado con otras áreas como Educación Física, Matemáticas, Educación Artística y Lengua Castellana. Las competencias básicas relacionadas son:

- Competencia social y ciudadana.
- Conocer sentimientos y emociones en relación con los demás.
- Desarrollar actitudes de diálogo y de resolución de conflictos.
- Aceptar y elaborar normas de convivencia.
- Asentar las bases de una futura ciudadanía mundial, solidaria, participativa y democrata.
- Comprender la realidad social en la que se vive.
- Ser conscientes del papel de la sociedad en el avance de la ciencia.
- Conocer cómo se han producido debates esenciales para el avance de la ciencia para entender la evolución de la sociedad.

### **Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico**

- Interpretar el mundo físico a través de los conceptos aprendidos.
- Saber definir problemas, estimar soluciones y elaborar estrategias.
- Diseñar pequeñas investigaciones.
- Analizar resultados y comunicarlos.
- Observar el mundo físico, obtener información y actuar de acuerdo con ella.
- Participar en la toma de decisiones en torno a problemas locales y globales planteados.

### **Competencia en el tratamiento de la información y competencia digital**

- Utilizar distintos procedimientos de búsqueda, selección, organización y aplicarlos en el taller.
- Saber utilizar un ordenador de forma básica.
- Saber buscar en INTERNET de forma guiada.
- Mejorar en las destrezas asociadas a la utilización de esquemas y mapas conceptuales.

### **Competencia en comunicación lingüística**

- Aumentar la riqueza en el vocabulario específico relacionado con el tema.
- Ser riguroso en el empleo de los términos específicos en relación el magnetismo.
- Saber construir un discurso: ser cuidadoso en la precisión de términos, encadenamiento de ideas, expresión verbal.
- Adquirir la terminología específica del tema tratado.
- Comprender textos informativos, explicativos y argumentativos.
- Transmitir ideas en informaciones sobre el magnetismo.

## Competencia para aprender a aprender

- Desarrollar técnicas para aprender, organizar, memorizar y recuperar la información.
- Hacer resúmenes, esquemas o mapas mentales.
- Reflexionar sobre qué y cómo se ha aprendido.
- Adquirir conceptos esenciales ligados a nuestro conocimiento natural para incorporar información proveniente de la propia experiencia o de escritos o audiovisuales.
- Adquirir procedimientos de análisis de causas y consecuencias.

## Competencia matemática

- Utilizar el lenguaje matemático para cuantificar fenómenos y propiedades relacionadas con el magnetismo.

## Competencia cultural y artística

- Reconocer manifestaciones culturales de un entorno desconocido (Roma Antigua, Plinio el Viejo).

## Reflexiones

La introducción de la ciencia en la escuela es muy importante ya que la ciencia la encontramos en todas partes y descubrir de qué modo interviene en nuestro que-hacer cotidiano puede proporcionar a los alumnos/as una base excelente para su posterior desarrollo con éxito en la vida.

Es necesario que los alumnos/as desarrollen la capacidad de comprender el mundo que les rodea. Al ayudar a los niños a aprender a observar, obtener datos y sacar conclusiones, la ciencia contribuye a optimizar la capacidad de análisis de los alumnos ante las ideas y los hechos con los que se encuentran durante su vida diaria. Por estas razones nació la necesidad de llevar a cabo el Taller de Ciencias. Dicho taller me ha proporcionado satisfacciones no solo a nivel personal si no también profesional.

Poco a poco los alumnos/as han ido cogiendo la dinámica del investigador-observador. Se preguntan el porqué de los hechos que suceden, buscan información y luego la elaboran, de acuerdo con su nivel. La metodología utilizada permite a los niños/as observar y comprobar en primera persona una serie de hechos de forma

práctica y divertida, lo cual motiva mucho más a los alumnos/as ya que pueden manipular y experimentar con diferentes materiales, dando con la explicación adecuada a cada suceso vivido.

Desde mi perspectiva profesional, el poner en marcha este taller, me ha permitido ampliar mis conocimientos relacionados con la ciencia, así como aplicar una nueva metodología basada en la investigación, en la observación y en la experimentación.

---

### **Referencias bibliográficas**

ARDELY, N. *Descubre el magnetismo*. Madrid: Códice, 1986. 32 pp.

CHALONER, J. *Mi primer libro de pilas e imanes*. Barcelona: Molino, 1992. 48 pp.

LÓPEZ RODRÍGUEZ, V. *Electricidad y magnetismo*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2004. 760 pp.

# Ciencia, lectura y escritura. Ayuda mutua en Educación Infantil



Carmen Lorenzo Martínez\* y Marian Santiago

Maestras 2º y 3º de Educación Infantil del CEIP Fray Luís de León, Valladolid, España

---

## Palabras clave

Ciencia, educación, lectura, escritura, infantil, historia, constructivismo, aprendizaje.

---

## Resumen

Tras realizar en el CFIE de Medina del Campo un curso de ciencia para Infantil y Primaria, impartido por El CSIC en la Escuela, en el equipo de Educación Infantil del colegio decidimos desarrollar proyectos científicos, dando así continuidad al último de los proyectos del curso anterior: «El espacio, los astronautas y las naves espaciales». Por ello optamos trabajar «La Tierra: forma, tamaño, composición, paisajes...». Durante el desarrollo de éste proyecto, el CFIE de Valladolid oferta un nuevo curso de formación científica que versa sobre magnetismo y es en este marco de trabajo donde se introduce la presente experiencia.

La línea de trabajo que fundamenta nuestra práctica docente es el constructivismo. Desde esta línea aprender equivale a elaborar una representación, a construir un modelo propio de aquello que se presenta como objeto de aprendizaje. A partir de aquí consideramos que el aprendizaje de la ciencia, la lectura y la escritura siguen procesos paralelos y que por ello pueden ayudarse, coordinarse, discurrir conjuntamente.

El objetivo general que nos planteamos respecto a la lectura y la escritura es que los niños utilicen el texto escrito eficazmente (tanto como lector como escritor) y de forma autónoma. Pretendemos que puedan servirse de la lectura y la escritura para relacionarse y entender el mundo alfabetizado que les rodea. Es aquí, en este «entender y relacionarse», donde la ciencia y los proyectos científicos ayudan y dan sentido a la necesidad práctica de aprender a leer y a escribir.

Paralelamente, trabajar ciencia en edades tan tempranas implica ayudar a los niños a abandonar las explicaciones mágicas en situaciones de desconcierto e iniciarles en el planteamiento de hipótesis, tratar de que justifiquen de forma sencilla sus afirmaciones, iniciarles en la alfabetización científica y la utilización precisa de los términos (de los pocos que se utilicen), favorecer el interés por la historia (de la ciencia en el caso que nos ocupa), orientar la curiosidad innata hacia formas «seguras» de investigación, ayudarles en el difícil proceso de sacar conclusiones y compararlas con las de científicos consagrados, descubrir lo «divertida» que puede ser la ciencia independientemente del esfuerzo que pueda suponer el proceso de aprendizaje, aprender a comunicar a otros sus conocimientos.

---

\* E-mail de la autora: [mlorenzo@educa.jcyl.es](mailto:mlorenzo@educa.jcyl.es).

## Introducción

Durante el curso 2006-2007 en el aula de primero de Educación Infantil se inicia la experiencia de trabajar en la línea de Proyectos de Trabajo decididos por las maestras en función del Proyecto Curricular y las necesidades del grupo, abandonando los materiales propuestos por una única editorial, y utilizando todos los recursos impresos y audiovisuales disponibles: biblioteca del centro, biblioteca del barrio, libros personales: tanto de la maestra como aportados por las familias, prensa (en el marco del Proyecto de innovación «Aprender con el Periódico») e Internet.

A lo largo del curso fuimos observando la gran capacidad que los niños y niñas de esta edad tienen para emitir hipótesis en el campo de la escritura y la lectura, de ponerlas en práctica y con ayuda, observar los resultados comparándolos con la convencionalidad, así como de justificar sus acciones a la vista de los resultados; modificar la hipótesis inicial, crear una nueva y con ella tratar de acercarse de nuevo a la convencionalidad.

De los primeros trazos consistentes en montañitas, bolitas o palitos fueron apareciendo trazos similares a letras o letras reconocibles, aumentando la variedad y la cantidad de las mismas en función de la hipótesis sobre la que cada alumno/a trabajase en ese momento madurativo, pero no solo variaron los aspectos meramente gráficos sino que la calidad de los textos fueron mejorando: de una única palabra que representaba todo el discurso fueron apareciendo frases cortas pero con sentido pleno.

En lectura se fue viendo la evolución en la direccionalidad: el proceso de búsqueda de significados evolucionó de abajó hacia arriba y de derecha a izquierda así como la emisión de hipótesis sobre lo que podía decir en un texto en función del tema tratado, de las imágenes que lo acompañasen y de las letras iniciales de algunas palabras.

Paralelamente tratamos de desarrollar proyectos que surgían de los intereses de los niños: ¿cómo se juega a las cartas, al dominó y a la oca?, ¿todas las escuelas se llaman Fray Luís de León?, ¿y ese señor quién es?; proyectos que surgieron de las noticias de los periódicos: El Cid, ¿y ese quién es?

En algunos de ellos, de nuevo, observamos esa gran capacidad para adelantar hipótesis, justificarlas, tratar de llevarlas a cabo y modificar en función de los resultados y la comparación con la convencionalidad.

En el transcurso de talleres relacionados con el tema de los juegos «de los mayores» (desarrollados con la ayuda de madres que hacían de monitoras de taller) se llevó a cabo un taller de experimentos. Experimentamos con disoluciones y fue aquí donde nos topamos con el primer escollo: para los niños y niñas todo lo que sucedía y les sorprendía o les resultaba confuso tenía una explicación mágica, pero ¿cómo les hablamos de moléculas?... No nos atrevimos y la experiencia quedó en la mera observación de lo que sucedía con determinadas sustancias sólidas al ser introducidas en diferentes líquidos.

Durante el curso 2007-2008 el aula de 3º de Infantil se suma a trabajar con proyectos y se continúa con el desarrollo del proyecto de innovación «Aprender con el periódico». Utilizando éste como fuente de información inicial desarrollamos el tema de las naves espaciales, los astronautas, el espacio...y nuevamente nos topamos con las inquietudes científicas de los niños y niñas por construir un cohete «que funcionase» (aula de 5 años) y una base de lanzamiento para el mismo (aula de 4 años); los problemas técnicos que nos fueron surgiendo fueron innumerables... No logramos que nuestros cohetes despegaran del suelo. Nos consoló comprobar por algunos documentales que a los científicos de la NASA tampoco les resultó fácil. Pero este acercamiento al mundo científico y a su historia, nos permitió avanzar en los procesos de aprendizaje de la escritura y la lectura: lo importante que es para poder comunicarse aún a distancia y sin utilizar el lenguaje oral (nos pusimos en contacto vía correo electrónico con Pedro Duque y pudimos tener en el centro la presencia de un ingeniero becario de la NASA). Avanzamos en el terreno de la geometría, los números «grandes», «las medidas» y en la representación de la realidad mediante maquetas. Pero lo más importante: despertó en todos nosotros, alumnos y maestras, el deseo de encontrar respuesta a todas las dudas que iban surgiendo y que iban quedando en suspenso (pero no olvidadas).

Es en este marco cuando, en el mes de junio, el CFIE de Medina del Campo de Valladolid convoca un curso de Iniciación a la Ciencia desde las primeras etapas, desarrollado por el equipo de El CSIC en la Escuela, al que asisto. En él descubrimos con gran satisfacción que no es ninguna locura tratar de introducir a los niños y niñas de infantil en el mundo científico, que el método científico, aún sin ser conscientes de ello y salvando las distancias, lo estábamos empleando en el aprendizaje de la escritura y de la lectura; que hablar de moléculas y átomos no solo no les perjudica sino que les ayuda a progresar en la comprensión del mundo que les rodea y adquirir actitudes de observación y búsqueda; que se puede experimentar, emitir hipótesis, comprobar resultados, comparar con los descubrimientos de los científicos que nos precedieron, aprender vocabulario científico y utilizarlo con

precisión cuando sea necesario, leer textos científicos y comprobar que es necesario aprender una cultura y lenguaje nuevos para poder comprender porque no es lo mismo leer una noticia que un cuento o que un texto de información científica.

Era final de curso y ya no teníamos tiempo para iniciar experiencias nuevas, pero sí nos permitió tomar la decisión de que el curso siguiente continuaríamos trabajando temas científicos pero que no nos quedaríamos sólo en aspectos históricos sino que experimentaríamos y trataríamos de buscar respuestas puesto que desde nuestra línea de trabajo: el constructivismo, aprender equivale a elaborar una representación, a construir un modelo propio de aquello que se presenta como objeto de aprendizaje, ya sea lectura, escritura, o aspectos científicos.

El aprendiz va elaborando esquemas de conocimiento y estableciendo redes entre ellos. Estos esquemas son la representación que cada sujeto posee, en un momento dado de su vida, sobre algún objeto de conocimiento y que puede ir variando a medida que el sujeto crea y amplía sus representaciones y eso ha sucedido no solo con los niños y niñas que han realizado la experiencia que relataré a continuación sino también con las maestras que les han acompañado y las familias que nos han apoyado a ambos.

También nos hicimos conscientes de la necesidad de tener un apoyo formativo que nos ayude a modificar nuestros esquemas, en ocasiones erróneos, en algunos de los aspectos científicos que tratamos de explorar con los niños y niñas y nos propusimos no desaprovechar ninguna oportunidad de asistir a los cursos de formación científica convocados por la Junta de Castilla y León y desarrollados en colaboración con el CSIC. Una iniciativa a todas luces, así nos parece a nosotras, digna de prolongarse en el tiempo y hacerse extensiva a los alumnos de Magisterio.

En el curso 2008-2009 nos propusimos, como equipo, que los tres cursos de Infantil trabajásemos con proyectos siguiendo una misma línea pero desarrollando el proyecto en función de cada grupo. Objetivo que no pudo cumplirse del todo al caer enferma la tutora del grupo de tres años y tener varias recaídas a lo largo del curso con la consiguiente alternancia de personas responsables del grupo, por lo que la experiencia que se relata hace referencia a los niveles de cuatro y cinco años.

Decidimos dar continuidad al proyecto del espacio, desarrollado el curso anterior, centrándonos en nuestro planeta, la Tierra: forma, tamaño, composición, paisaje, clima..., así como el agua y el aire. Programando un tema para cada trimestre del curso.

Durante el desarrollo del primer proyecto nos dimos cuenta que nuestra programación inicial era muy ambiciosa y que posiblemente no pudiésemos desarrollar todos los temas, tal y como nos los habíamos planteado y con nuestra forma de distribuir el trabajo, por lo que optamos por desarrollar el tema de la Tierra hasta donde el interés de los niños y niñas alcanzase; puesto que al mismo tiempo que desarrollábamos el proyecto científico fueron surgiendo otros «miniproyectos» relacionados con otros temas.

En el mes de diciembre se convocó en el CFIE otro curso de formación científica que versó sobre magnetismo y nos pareció que era un tema que podía engarzarse perfectamente con el tema de la Tierra y así lo hicimos.

A continuación describimos nuestra experiencia y sus resultados.

## Desarrollo

### Objetivos

#### a) En lectura y escritura

- Utilizar el texto escrito de forma eficaz (tanto en el papel de lector como en el de escritor).
- Utilizar el texto escrito de forma cada vez más autónoma.
- Servirse de la lectura y la escritura para relacionarse y entender el mundo alfabetizado que les rodea:
  - Encontrar respuesta a las preguntas de partida y a las que van surgiendo.
  - Comparar hipótesis.
  - Aprender el lenguaje científico para poder entender mejor.
  - Comunicar a otros los descubrimientos realizados. Estructurar y precisar bien lo que se quiere decir y cómo se va a decir para que luego nos puedan entender.
  - Buscar con qué letras y cuántas.

#### b) En ciencia

- Ayudar a los niños y niñas a abandonar las explicaciones mágicas en situaciones de desconcierto.
- Iniciar en el planteamiento de hipótesis.

- Justificar de forma sencilla las afirmaciones.
- Iniciar en la alfabetización científica y el uso preciso de los pocos términos que se utilicen.
- Favorecer el interés por la historia de la ciencia.
- Orientar la curiosidad innata de la infancia hacia formas «seguras» de investigación.
- Ayudarles en el difícil proceso de sacar conclusiones y compararlas con las de científicos consagrados que nos precedieron en la investigación.
- Descubrir el lado «divertido» y satisfactorio de la ciencia, que es independiente del esfuerzo y lo costoso que pueda resultarnos la investigación.
- Aprender a comunicar de forma oral lo experimentado, los resultados obtenidos y las conclusiones a las que se han llegado.

## Temporalización

A lo largo del curso. Una vez por semana se realizan experimentos, en un grupo pequeño, con la presencia de la maestra mientras el resto del alumnado realiza actividades que pueden estar o no relacionadas con el proyecto pero que pueden ser realizadas por los niños y niñas de forma autónoma.

## Agrupamientos

**Pequeño grupo:** De 4 o 5 alumnos con la presencia de la maestra. Se realizan los experimentos, se emiten hipótesis, se comprueban, se llega a una conclusión, se justifica el porqué de la misma, se decide cómo se va a reflejar por escrito (si la actividad así lo requiere), si cada miembro del grupo escribe una parte del texto o solo lo hace uno de ellos y los demás le dictan y ayudan en el proceso de encontrar las letras que se necesitan para que otro lector pueda recuperar su mensaje.

Se reparte algún texto relacionado con el proyecto y se solicita de cada pequeño grupo que traten de leer para luego comentar de qué creen que trata y porqué; qué fonemas, sílaba, palabra o frase han entendido, con qué dificultades se han encontrado, cómo las resolvieron...

**Gran grupo:** En el que se recuerdan los experimentos y las conclusiones, para alcanzar una conclusión común; se da lectura a textos relacionados con el proyecto bien aportados por las maestras bien por las familias y se comentan; se toman decisiones sobre qué y cómo escribir las conclusiones; si el pretexto debe ser guardado en memoria para que luego cada uno trate de escribirlo en función de su hipótesis de trabajo y la fase escritora en la que se encuentra (presilábica, silábica, silábico-alfabética, alfabética, ortográfica) o bien el pretexto es decidido y

entre todos se busca qué letras, cuántas, se relea el texto que se va desarrollando, se comenta si expresa realmente y con claridad lo que queremos decir, si es necesario sustituir alguna palabra o eliminarla... hasta que el texto es satisfactorio para todos y es copiado por cada uno para incluirlo en su dossier de trabajo, o bien es copiado por la maestra de forma manuscrita o con ordenador y luego se hacen copias para los dossier.

**Pareja alumno/maestra:** En el que de forma conjunta se analiza el trabajo escrito del alumno/a, los logros y el reto para el próximo texto tanto cuantitativo como cualitativo.

## Actividades

### a) Para el tema de la Tierra

- Nos hacemos conscientes de la forma de la Tierra:
  - Que tiene Polo Norte y Polo Sur.
  - Las características de estas dos zonas del planeta y sus habitantes. Estudiamos un animal representativo de cada zona: el pingüino (aula de 5 años), el oso polar (aula de 4 años).
  - Comunicamos nuestros descubrimientos en una reunión de ambos grupos.
  - Descubrimos experimentalmente cómo llegar de una esfera a un círculo: cortamos una manzana en rodajas gruesas, observamos que nos quedan unas formas similares a cilindros (aunque no exactamente) y dos formas que aprendemos que se llaman casquete esférico, untamos una de las partes planas de las rodajas en pintura y estampamos en cartulina y obtenemos ¡el círculo!  
Con ello confeccionamos una composición artística que utilizamos como contraportada en nuestro dossier sobre la Tierra.
- Lectura de información en libros científicos y en Internet sobre la Tierra:
  - Los nuevos descubrimientos sobre su forma.
  - Su edad.
  - Su tamaño. Quién fue el primero en calcular el tamaño de la Tierra: conocemos a Eratóstenes. Instrumentos de medida, cuáles utilizar según la situación, unidades y cómo interpretar los resultados.

- Cómo es su interior. Cada alumno confecciona con plastilina un modelo de la Tierra siguiendo el modelo de capas. Lo llevan a casa para explicárselo a sus familias y ante ellos cortar por la mitad la esfera y descubrir las diferentes capas terrestres.
- Los distintos paisajes terrestres. Cada niño/a de 5 años pinta en lienzo con acrílicos un paisaje. En el mes de junio se exponen con el título: «Concienciarte: ciencia con arte» y el lema « Cuidemos la Tierra, es nuestra casa».
- De qué está formada: rocas y minerales.
- Trabajos humanos relacionados con las rocas y los minerales.
- Observamos y comparamos diferentes rocas y minerales que existen en el laboratorio de la escuela (**Imagen 1**) y otros aportados por las familias: color, peso, dureza. Tratamos de utilizar distintos instrumentos de medida e interpretar los resultados.
- Confeccionamos un dossier escribiendo algunos de los descubrimientos realizados.



**Imagen 1.** Propiedades de los minerales.

## b) Para el tema del magnetismo

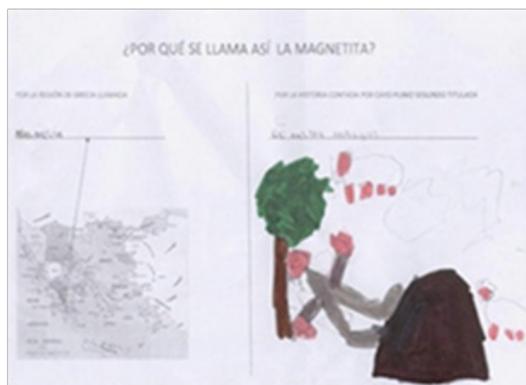
Entre los minerales y rocas observados introducimos magnetita y nos preguntamos ¿qué sucede si junto a las rocas ponemos otros objetos: papel, virutas de madera, grapas, alfileres? Enunciamos una hipótesis, hacemos la observación y registramos los resultados en un cuadro de doble entrada. Para los alumnos de 5 años es un cuadro único en el que se encuentran todas las rocas y todos los objetos y para los de 4 años cada roca tiene su propio cuadro. Los niños/as rápidamente se dieron cuenta de que la magnetita tenía algo especial y enseguida le dieron nombre: ¡es un imán!

Hemos descubierto el imán natural, así como que los objetos de metal «se pegan» a la magnetita. Leyendo en los libros de la biblioteca de la escuela descubrimos que a esos objetos se les denomina magnéticos.

Los niños/as observan que nuestras magnetitas son menos potentes que los imanes que ellos poseen en sus neveras, esto nos da pie para hablar de la fabricación de imanes por el hombre y de la necesidad de utilizarlos a partir de ahora para hacer nuestros experimentos. La escuela nos compró imanes para nuestra investigación y las familias fueron aportando los que disponían.

Leemos la historia del nombre de la magnetita: «Historia del pastor Magnes» y localizamos en un mapa la zona de Grecia denominada Magnesia (**Imagen 2**).

Tratamos de dar mucha importancia a la seguridad a la hora de experimentar con los imanes tanto en la experimentación dirigida como en la libre y explicamos los posibles peligros de no seguir una normas mínimas: no chuparlos ni meterlos en la boca, no acercarlos a aparatos como relojes, ordenador, televisión... tener mucho cuidado con los alfileres o las chinchetas.



**Imagen 2.** Representación: «Historia del pastor Magnes».

Si las medidas de seguridad no son seguidas no podremos seguir investigando. Los científicos también tienen que seguir unas normas de seguridad en sus laboratorios para evitar accidentes. En la nota para las familias se hace mucho hincapié en ello.

Nos hacemos una nueva pregunta ¿todos los objetos que son de metal «se pegan» a los imanes? Experimentamos en la escuela y vamos apuntando en un cartel los resultados: objetos que «pegan» y objetos que «no se pegan».

Las maestras escribimos a las familias informándoles de nuestra investigación y de que necesitamos su colaboración para que los niños y niñas repitan las experiencias en casa y en la calle, y con su ayuda registren los resultados por escrito.

Con todos los registros que tenemos tratamos de alcanzar una conclusión: no todos los objetos que son de metal «se pegan», a veces el mismo objeto unas veces «se pega» y otras no, ¿por qué? Para algunos niños/as la respuesta era que con algunos objetos el imán se estropeaba, que dejaba de funcionar «la magia»... otros ya sabían que los objetos no estaban fabricados con los mismos materiales por eso unas veces si «se pegaban» y otras no.

Hicimos una nueva experiencia con unas placas metálicas, descubiertas en el laboratorio, de cobre, hierro, plomo, aluminio y zinc. Solo se pegaba la de hierro.

Algunos niños comentaron que entonces algunas de las monedas que utilizamos son de hierro, pero que no pesan tanto como la placa de hierro.

En la lectura de los libros del CSIC descubrimos que algunas monedas están fabricadas con un metal llamado níquel que también es magnético, así como el cobalto.

Ya teníamos la respuesta: no todos los metales «se pegan» a los imanes, tan solo los que son de hierro, níquel y cobalto.

En este punto una niña comentó que no podíamos utilizar la palabra pegar porque no usábamos pegamento, por lo que decidimos emplear el término se unen.

Los imanes siguen funcionando cuando colocamos un papel entre el imán y el objeto de hierro ¿y si ponemos otros materiales?: madera, plástico, cristal.

Nuevamente experimentamos en casa y en la escuela. La aportación de un niño fue muy interesante: funciona siempre y cuando el objeto que pongamos no sea muy grueso (esta aportación nos serviría luego para explicar el campo magnético).

Funciona pero ¿por qué? Su explicación era que el imán tenía algo que sujetaba a las cosas. A ese algo aprendimos a denominarle fuerzas magnéticas de atracción. En un primer momento estaban de acuerdo en que estas fuerzas estaban dentro del imán y no salían por fuera. Pero para poder explicar lo que sucedía al interponer un objeto entre el imán y el metal necesitaban que las fuerzas salieran del imán, se extendieran por el obstáculo, lo rodeasen y llegasen hasta el metal para ser sujetado.

Hicimos la experiencia con un imán, una tapa de plástico y un clip grande: al alejar el clip del imán pero por encima de la tapa observaron que no era atraído, al colocarlo debajo de la tapa pero lejos del imán tampoco daba resultado, las fuerzas no se extendían por toda la tapa ni daban la vuelta por los bordes. Solo cuando colocábamos el clip debajo del imán éstos se unían ¿esto qué quería decir? Las fuerzas salen del imán y atraviesan la tapa.

Hemos descubierto otra propiedad de los imanes: Poseen fuerzas magnéticas que atraviesan los objetos. Propiedad que permitió a una niña construir una maqueta de casa para jugar a mover sus imanes (**Imagen 3**).

En los ratos de experimentación libre descubrieron que existía un punto a partir del cual el imán atraía al objeto con el que experimentaban (alfiler, chincheta, moneda, otro imán...). Enunciamos una nueva propiedad: las fuerzas magnéticas actúan a distancia.

Les proponemos un reto: poner un lapicero de pie utilizando dos imanes (para ello empleamos un dispositivo comprado). Con él descubren la utilidad de las propiedades descubiertas hasta el momento y es aquí donde introducimos el término campo magnético para designar el espacio que queda entre un imán y otro.



**Imagen 3.** Experimentación con imanes.

En este momento comprenden por qué cuando los objetos que colocamos entre los imanes son muy gruesos, pese a la propiedad de atravesar el objeto y de actuar a distancia las fuerzas magnéticas no pueden actuar si el objeto se encuentra fuera de su campo magnético.

Nos preguntamos ¿de qué depende la fuerza de un imán? Para ello con imanes de distinto tamaño registramos la cantidad de objetos que pueden sujetar en fila (de distinto tamaño y peso: clip, chincheta, moneda). La conclusión tras comparar los resultados fue que a mayor tamaño más fuerza. Al comparar los resultados, en la asamblea general de ambos grupos de edad, la conclusión quedó en suspenso al comprobar que un imán más pequeño que los utilizados en una de las aulas sujetaban más objetos que otro mayor.

Al no poder dar explicación a los resultados unos determinaron que esto si era cosa de «magia», pero otros decían que no, que tenía que existir una explicación pero que nosotros no la conocíamos, teníamos que buscar y preguntar a los que lo supieran. Había que seguir investigando.

Con sus experiencias descubrieron que los imanes juegan al pilla-pilla (una veces se unen y otras se separan) ¿por qué? Par obtener una respuesta comenzamos por hacerles conscientes de la existencia de los extremos del imán:

- Colgamos un imán en el patio (**Imagen 4**) cuando se quedó parado marcamos el extremo y observamos hacia dónde apuntaba (hacia la estación de trenes llamada «estación del Norte»). Le diéramos la vueltas que le diéramos siempre apuntaba allí. A este extremo le denominamos polo norte y al contrario polo sur.

- Con dos imanes de barra ya marcados experimentamos cuándo se unían y cuando se separaban. Aprendimos que existían otro tipo de fuerzas magnéticas: las fuerzas de repulsión. Y enunciamos las leyes de polos de igual nombre se repelen, polos de distinto nombre se atraen.
- Al imán colgado solo le sacaba de su posición otro imán (si no había viento).

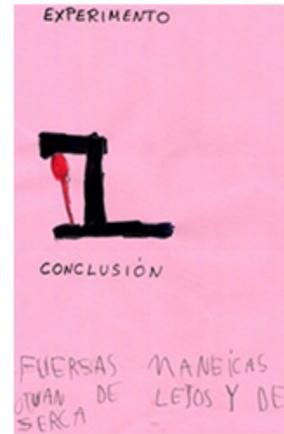
Hicimos en el patio la experiencia de la cuchara china. A la pregunta qué hace que la cuchara y el imán se coloquen siempre en posición norte, no había ningún tipo de respuesta, estaban tan asombrados que ni el recurso a lo mágico les servía puesto que ya se había instalado entre ellos la coletilla «no es magia, es ciencia», tan solo surgía un leve murmullo con un no lo sabemos tenemos que seguir investigando. Hasta que de pronto una niña y un niño en bajo comentaban «la tierra tiene polo norte y polo sur», que cogido al vuelo nos permitió orientarles hacia esa asociación de ideas y surgió un alborozado «la Tierra es un imán» (**Imagen 5**).

Descubrimos la brújula, tratamos de utilizarla, nos orientamos colocando nuestros brazos en cruz y aprendimos que los chinos fueron los primeros en utilizar las propiedades del magnetismo para inventar la brújula.

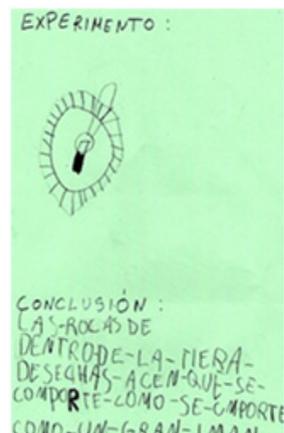
Elaboramos un dossier con nuestras investigaciones y conclusiones. Las compartimos con nuestros compañeros de 6º de Primaria y comunicamos nuestras experiencias en la Jornada del Premio Arquímedes del CSIC en el Museo de la Ciencia de Valladolid.

## Conclusiones

1. Trabajar ciencia nos ayuda a dar sentido al aprendizaje de la lectura y la escritura. La necesidad de leer o escribir para comunicar o interpretar un texto científico nos obliga a pararnos, pensar, buscar, comparar, decidir... en este ir y venir el pensamiento se reorganiza y avanzamos en las tres direcciones.



**Imagen 4.** Experimento: brújula en el patio.



**Imagen 5.** «La Tierra es un imán».

2. Trabajar con proyectos científicos ha supuesto para las maestras un proceso de investigación en la acción. Nosotras también partíamos de una hipótesis que teníamos que demostrar: los niños de Infantil tienen capacidad para poder abordar temas científicos con la misma seriedad que en niveles superiores y ayudan a avanzar en el conocimiento del código adulto de lectura y escritura.

Trabajar ciencia supone para las maestras estar al día, recuperar sus conocimientos, modificar aquellos que son erróneos. Seguir investigando.

3. Los niños y niñas abordan la investigación, la experimentación y llegan a una conclusión con empeño y alegría. Un trabajo no exento de dificultades pero ante las que no se arredran si tienen la seguridad de que los adultos saben valorar sus esfuerzos y «comprender» el hilo de sus razonamientos cercanos o no a la explicación adulta.

4. Las familias se acercan a la escuela, a sus procesos. Se sienten útiles en el proceso de aprendizaje de sus hijos y valoran la escuela como el lugar al que se acude para aprender cosas que no podrían aprenderse sólo en casa.

---

### Referencias bibliográficas

Equipo de El CSIC en la Escuela. *La medida del radio terrestre por Eratóstenes* [en línea]: <<http://museo-virtual.csic.es/descargas/archivos/eratostenes.pdf>> [consulta: Mayo 2008].

FONS ESTEVE, Montserrat. *Leer y escribir para vivir*. Barcelona: Graó, 1999. 293 pp.

LÓPEZ SANCHO, José María; GÓMEZ DÍAZ, María José; REFOLIO REFOLIO, María del Carmen; LÓPEZ ÁLVAREZ, José Manuel. *Magnetismo en el Aula. Material didáctico para profesores de Educación Infantil y Primaria. Material Didáctico*. Madrid: Comunidad de Madrid. Consejería de Educación. Dirección de orientación académica, 2006. 170 pp.

LÓPEZ SANCHO, José María. *La naturaleza del conocimiento*. Claves para entender el proceso de aprendizaje. Madrid: CSS, 2003. 72 pp.

NEMIROVSKY, Myriam. *Sobre la enseñanza del lenguaje escrito y temas aledaños*. Buenos Aires: Maestros y enseñanza, 1999. 198 pp.

Programa Nacional El CSIC en la Escuela. *Formación del profesorado: Iniciación a la Ciencia en la Educación Infantil y Primaria* [en línea]: <<http://www.csicenlaescuela.csic.es/inicia.htm>> [consulta: Mayo 2008].

Programa Nacional El CSIC en la Escuela. Premio Arquímedes 2009 [en línea]: <<http://www.csicenlaescuela.csic.es/pdf/premio2009.pdf>> [consulta: Junio 2009].

# ¿Qué le gusta a la rana Lupe?: Taller de Ciencias: **INVESTIGO...** con los imanes



**M.ª del Carmen Acosta Bono\* y  
Juan Manuel Medina Bermúdez**

*Coordinadores*

---

## **Autores**

M. C. Acosta Bono, M. I. Gamero Martínez, R. García del Vello Merino, M. J. Martín Bonilla, J. M. Medina Bermúdez, L. Muriel Florencio, E. Ridaura Hernández, C. Sánchez Martínez, M. C. Sánchez Sánchez, M. M. de la Torre Gordillo, N. Vázquez Fernández y R. Vela Boza.\*\*

---

## **Palabras clave**

Ciencia, educación, magnetismo, electricidad, modelos, investigación, divulgación, imanes.

---

## **Resumen**

El Grupo de Trabajo: *Taller de Ciencias: INVESTIGO* funciona en el Centro desde el curso escolar 2005-2006, y participa en los cursos de formación de El CSIC en la Escuela, organizados por el CEP de Castilleja de la Cuesta, cuya asesora de referencia es doña Consuelo Palacios Serrano.

Tanto en Educación Infantil como en Primaria recabamos las ideas previas que tiene el alumnado sobre el magnetismo. A través de la observación, manipulación y experimentación, fomentamos que los niños/as se planteen interrogantes propios del pensamiento científico. Como trabajo final participamos cada año en la Feria de la Ciencia, este año han participado doscientos alumnos/as como divulgadores de la ciencia, doce profesores y la implicación de los padres y madres.

En nuestro Centro, desde sus inicios, se está trabajando la ciencia en Infantil y Primaria mediante investigaciones lúdicas, favoreciendo el pensamiento científico a través de modelos.

El resultado está siendo muy positivo.

---

\* E-mail de la autora: makytxu\_04@hotmail.com.

\*\* Maestra/os de las Etapas de Infantil y Primaria del CEIP Clara Campoamor, de Bormujos (Sevilla).

## Introducción

Nuestro Grupo de Trabajo: *Taller de Ciencias: INVESTIGO (Imagen 3)* funciona en el colegio desde sus comienzos, en el año 2005. Ha participado en cuatro ediciones de la Feria de la Ciencia, organizada por la Sociedad Andaluza para la Divulgación de la Ciencia (SADC), celebradas en el Pabellón del Futuro de la Isla de la Cartuja, en Sevilla. Y ha participado en los cursos de formación de El CSIC en la Escuela, organizados por el CEP de Castilleja de la Cuesta.

Durante el curso 2008-2009 hemos trabajado el magnetismo con nuestro alumnado y en el Grupo de Trabajo, llevando a cabo un trabajo por proyecto.

En la VII Feria de la Ciencia hemos divulgado experiencias, juegos e investigaciones sobre el magnetismo. En total han participado en la Feria de la Ciencia este año doscientos alumnos y alumnas de Infantil 3 años, 4 años, y los cursos 1º, 2º y 3º de Educación Primaria, siendo doce los profesores/as participantes, y contando con la implicación de los padres y madres del alumnado.

## Justificación teórica

- El aprendizaje científico es un proceso que nace de la curiosidad por conocer todo lo que nos rodea y hallar respuestas a nuestras incógnitas.
- El magnetismo es una herramienta magnífica para que los alumnos y alumnas ejerciten su imaginación y formen conceptos sobre fenómenos de los que no se tienen conocimientos intuitivos, ya que los seres humanos carecemos de «sentido magnético».
- A través de la experimentación y del juego, fomentamos que el alumnado se planteen interrogantes propios del pensamiento científico, que favorecen la comprensión del fenómeno.
- La importancia de descubrir el magnetismo en la vida cotidiana.

## Objetivos

- a) Despertar la curiosidad por observar y cuestionar cómo son y cómo funcionan algunos de los elementos de su entorno.
- b) Adquirir modelos de conocimientos científicos.

- c) Potenciar el trabajo en grupo, respetando las opiniones de los demás.
- d) Desarrollar la autonomía y confianza en sí mismo/a.
- e) Conocer las características de los imanes a través de la experimentación.
- f) Iniciarse en procedimientos de observación, manipulación, predicción, experimentación y comprobación.
- g) Deducir conclusiones a partir de los resultados obtenidos de las investigaciones.

## Nuestras investigaciones en Infantil

### Experimentamos con los imanes: primer contacto con los imanes

Se presentan algunos imanes de un juego. A partir de ahí, se va haciendo la pregunta: ¿qué es un imán?

Algunas respuestas de niños y niñas de Infantil 3 años fueron:

- «Un imán tiene una parte que se pega».
- «Yo tengo un imán en la nevera que se pega por un lado y por el otro no».
- «Yo tengo un imán que tiene un elefante».
- «Yo creo que el imán tiene un poquito de pegamento».

Tras invitar a que pongan el imán en diferentes sitios y objetos del aula para ver en cuáles «se pega» y dónde no «se pega», se llega a estas conclusiones:

- El imán «se pega» en las patas de la mesa, de la silla, en el frigorífico, en la parte metálica de la pizarra, en las ventanas, en el picaporte de la puerta...
- No «se pega» en el tablero de la mesa, en el asiento de la silla, en el cristal de la ventana, en la parte verde de la pizarra, en la pared, en la piletta, en el armario...

### Jugamos con los imanes

Se intentará que cada alumno/a tenga un imán para jugar y varios objetos de diferentes materiales para investigar (**Imagen 1**).

Se les invita a que piensen qué objetos «se pegarán» al imán y cuáles no.



**Imagen 1.** Jugando con imanes.

Para que no identifiquen la forma con la propiedad de atraerse o no, se presentan algunos objetos iguales de forma, pero de diferente composición, por ejemplo tornillos de metal y tornillos de plástico, llaves de diferentes metales, etc.

Clasificamos todos los objetos y se van echando en dos bandejas, una con el cartel: «SÍ se pegan» y la otra con «NO se pegan».

Llegamos a las siguientes conclusiones:

- «El imán no se pega a las cosas de plástico».
- «Si se pega a todos los tornillos, menos al que es de plástico».
- «No se pega a las cosas de madera, ni al corcho».
- «Tampoco se pega el imán a las conchas de la playa».
- «Si pegamos un tornillo al imán, ese tornillo se pega a otro tornillo».

En sucesivas sesiones con los imanes, iremos introduciendo lenguaje más preciso, como «atraer», «repeler» y «magnéticos». Cambiamos los carteles de las dos bandejas, por otros que digan: «magnéticos» y «no magnéticos».

A medida que se familiarizan con los imanes, van surgiendo bastantes interrogantes a tomar en cuenta y experimentamos antes de dar la respuesta correcta. Los niños y niñas van descubriendo el comportamiento de los imanes y sus características.

Para que estos experimentos fuesen más atractivos, se nos ocurrió que una rana de madera con una gran boca fuese la que probara los materiales, a ver si se pegaban o no a su lengua (en cuyo extremo se había colocado un imán).

### ¡Mira mi cadena!

Experimentamos con imanes y con materiales magnéticos como tornillos, tuercas, llaves, chapas, clips, etc., y observamos que si pegamos un tornillo a un imán, el tornillo a su vez hace de imán y puede atraer a otros materiales magnéticos, como otro tornillo, llaves, clips...

Hacemos lo mismo con otro imán más potente, y vemos cómo podemos hacer la cadena mucho más larga. ¿Por qué?



Imagen 2. Cadena de elementos magnetizados.

Para realizar bien este experimento, hemos ideado un soporte vertical, de manera que el imán quede suspendido, y se le pueda colgar los tornillos u otros materiales (**Imagen 2**).

Hemos comprobado que si a la cadena de objetos magnéticos se le quita el imán, todos se caen, porque ya no están bajo fuerzas magnéticas.

## Nuestras investigaciones en Primaria

### Ideas previas sobre el magnetismo

#### Objetivos

- a) Recabar información sobre las ideas previas que los alumnos y alumnas de Primaria tienen acerca del magnetismo.
- b) Pensar, antes de realizar el experimento, cuáles son los objetos que serán atraídos por el imán.

#### Actividades

1. Cuestionario: algunas ideas previas sobre los imanes.  
Los alumnos/as contestan a 10 preguntas sobre el magnetismo que se plantean en el cuestionario.
2. Antes de iniciar el experimento de clasificar los objetos en magnéticos y no magnéticos, los marcan con una cruz en el papel.

#### Conclusiones

- El 63% del alumnado contesta que sabe lo que es un imán. Las explicaciones que dan es que es un objeto que se pega y que funciona con metal.
- El 47% sabe cómo funcionan los imanes. Las respuestas son las siguientes: se pega en el frigorífico, se pega a otro imán, se pega al metal, tiene una cosa negra que se pega.
- El 58% contesta al menos con una respuesta a la pregunta si saben qué formas pueden tener los imanes. Las respuestas son las siguientes: ovalado, rectangular, cuadrado, forma de letras, forma de Bambi.
- Sólo el 3% contesta a la pregunta de cuántas partes tiene un imán.
- El 35% ha visto un imán en su casa. Otros lugares que contestan: en el colegio y en la Feria.
- De los lugares de la casa donde han visto imanes, el más contestado es en el frigorífico (21%). Otros sitios: en un cajón, en una caja, en el armario y en el suelo.

- El 26% sabe alguna utilidad de los imanes. Las respuestas son las siguientes: para jugar, para pegarlos en la nevera, para sujetar papeles importantes o dibujos.
- A la pregunta de si podemos encontrar imanes en a naturaleza, el 79% contesta que no, el 5% que sí, y el 16% no contesta.
- Ningún alumno/a conoce de qué piedra natural proceden los imanes.
- A la pregunta de si el hombre puede fabricar imanes, el 53% contesta que sí, el 37% no, y el 10% no sabe o no contesta.

## Desarrollo del trabajo

Este curso, nuestro grupo de trabajo decidió investigar sobre el magnetismo tanto en Infantil como en Primaria, dado el interés que levanta tanto en los alumnos/as como en el profesorado.

Ha sido posible este trabajo con el alumnado gracias a que desde un principio lo hemos incluido en nuestro horario de clase. Y por las periódicas reuniones que hemos mantenido el profesorado, hemos puesto en común nuestras prácticas educativas en los diferentes niveles, por lo que nos ha enriquecido de forma mutua.

Hemos intentado crear las condiciones favorables para que los niños/as descubran por sí mismos las características y propiedades del magnetismo mediante la observación, manipulación, juegos e investigaciones con los imanes, llegando a descubrir los principios del magnetismo.

Algunas de las sesiones han sido conjuntas (Infantil-Primaria) para propiciar el intercambio de juegos (investigaciones) con los imanes, llegando a ser muy positivas por el buen entendimiento y un clima agradable de convivencia entre el alumnado de diferentes edades.

La creatividad ha sido un elemento importante en nuestras investigaciones, ya que se ha potenciado que el niño/a plantee sus propias interrogantes.

Nuestro Grupo de Trabajo, al llevar funcionando desde hace cuatro años, tiene un alto grado de implicación en el Centro y cuenta con el respaldo del Equipo Directivo, el Consejo Escolar y la implicación directa de los padres y madres de los alumnos/as.

## El taller de ciencias: INVESTIGO... con los imanes en la VII Feria de la Ciencia de Sevilla

### 1. Experimento: ¡no me caigo!

**Interrogante que plantea:** ¿por qué el imán se queda pegado en la chapa o puertas de frigorífico?

**Fundamentación científica:** el magnetismo es la fuerza que tienen los imanes con la característica de atraer a los objetos que tienen en su composición hierro, cobalto o níquel.

Las puertas de los frigoríficos suelen estar hechas de hierro, así que los imanes se quedan pegados a las mismas.



Imagen 3. El taller de ciencias: INVESTIGO.

### Desarrollo del experimento

Les pediremos a los niños y niñas dónde han visto imanes en sus casas.

Se les presentan varias figuritas que se ponen en los frigoríficos, para ver qué tienen por detrás. Permiten sostener un papel por la fuerza del imán, de ahí que se utilicen mucho para la lista de la compra, las notas importantes, etc.

También se pueden hacer puzzles a los que previamente se les ha colocado un imán por detrás.

### Material necesario

Chapa metálica (sostenida por un caballete)	Papel para notas
Imanes decorados	

### 2. Experimento: tornillos que atraen

**Interrogante que plantea:** ¿se puede transmitir el magnetismo?

**Fundamentación científica:** al poner en contacto un imán con un material magnético, éste se magnetiza y funciona como un imán, pero si retiramos el imán, el objeto magnetizado pierde la fuerza magnética.

## Desarrollo del experimento

Acercamos un imán a un tornillo metálico. Observamos que éste es atraído por el imán y se queda pegado. Si acercamos este tornillo a otro, veremos que se unen si mantenemos el imán, pero se separan cuando quitamos el imán (**Imagen 4**).

Podemos medir la fuerza de los imanes dependiendo de cuántos tornillos atrae.



**Imagen 4.** Cadena de tornillos.

También se puede hacer este experimento con tapones de botellas de chapas o clips.

## Material necesario

Imanes de diferentes fuerzas	Tapones de botellas de chapas
Soporte para imán	Clips
Tornillos metálicos	

## 3. Experimento: ¡a pescar!

**Interrogante que plantea:** ¿puede la fuerza del imán atraer a través del agua? ¿Por qué sólo se pescan los peces que tienen el clip?

**Fundamentación científica:** si acercamos un imán a un objeto metálico en el fondo de la bandeja con agua, éste ejerce una fuerza mayor que la de gravedad, que atrae a los peces hacia abajo. De esta forma la fuerza del imán atrae a los objetos metálicos a través del agua.

## Desarrollo del experimento

Dibujamos peces de plástico (separadores de bloc) decorándolos con rotulador permanente y recortándolos. A algunos peces les ponemos un clip en la boca, y a otros no. Los metemos en una bandeja con agua.

Atamos un imán a una cuerda y ésta a un palito, para que nos sirva de caña de pescar. Comprobaremos que sólo podremos pescar los que tienen el clip, porque es metálico, en cambio, no pescaremos a los que no lo llevan, ya que el plástico no es material magnético.

## Material necesario

Plástico (separadores de blocs)	Cuerda o lana
Rotuladores permanentes	Palitos
Clips	Bandeja
Imanes	Agua

## 4. Experimento: regata magnética

**Interrogante que plantea:** ¿puede un imán atraer a distancia?

**Fundamentación científica:** la propiedad de los imanes es atraer a los materiales magnéticos, es decir, los que están hechos a de base de hierro, cobalto o níquel.

El acercamiento del imán provoca el movimiento de los barquitos que tienen el clip en la vela, sin necesidad de tocarlos, porque la fuerza magnética del imán actúa sobre el clip a distancia, guiando el movimiento de estos barcos.

### Desarrollo del experimento

Se fabrican barquitos de diferentes tipos, algunos con algún material magnético (clip) y otros no.

Se pregunta qué barquitos serán movidos por el imán y cuáles no, y por qué. Pueden ponerse todos los barquitos sobre el agua alineados junto a un extremo de la bandeja, acercarlos un imán potente (tipo herradura) y ver qué barcos son los que se mueven.

Otra modalidad: animar a que se inventen otro juego (experimento) y salió el siguiente, propuesto por una niña de Infantil 3 años:

«Y si le ponemos más clips a un barco... ¿correrá más?». La respuesta la tendréis si lo experimentáis: ¡Sólo movemos los barcos que tienen clips!

## Material necesario

Tapones de corcho	Clips
Cáscaras de nuez	Plástico (separadores de blocs)
Palillos de dientes	Imán (mejor de herradura)
Plastilina	Bandeja
Agua	

## 5. Experimento: ¡al agua...clips!

**Interrogante que plantea:** ¿puedes sacar los clips del agua sin mojar te las manos?

**Fundamentación científica:** la fuerza magnética del imán es capaz de atravesar el plástico de la cubeta y el agua, atrayendo a los clips (que están hechos de hierro) y sacarlos del agua.

### Desarrollo del experimento

En una cubeta de plástico con agua, se introducen varios clips. Se invita a que los saquen sin mojarse las manos.

Se aproxima por el exterior un imán potente, y se va subiendo poco a poco cuando se hayan adheridos los clips, hasta que se saquen del agua... ¡sin mojarnos las manos!

La fuerza del imán es capaz de sacar los clips del agua.

### Material necesario

Una cubeta de plástico transparente	Varios clips
Agua	Un imán potente

## 6. Experimento: ¿quieres conducir?

**Interrogante que plantea:** ¿puedes conducir un coche sin motor, sin pilas y sin tocarlo?

**Fundamentación científica:** la fuerza magnética de los imanes atraviesa diversos materiales: cristal, madera, plástico... dependiendo del grosor de dichos materiales y de la fuerza del imán utilizado. El imán atrae al objeto magnético y le obliga a seguir el movimiento que realicemos con el imán.

Desarrollo del experimento: dibujamos en un panel de madera una carretera y los alrededores. Colocamos encima un coche con material magnético y lo conducimos por la carretera utilizando un imán por debajo del panel. ¡Estamos conduciendo!

## Material necesario

Panel de madera	Cochecitos
Pintura (para la carretera)	Imanes (con mangos)
Plastilina (para alrededores)	

## 7. Experimento: mueve un coche a distancia

**Interrogante que plantea:** ¿qué ocurre cuando acercas los polos iguales de los imanes? ¿Y si acercas polos diferentes?

**Fundamentación científica:** los polos de signo contrario de dos imanes se atraen, los de signo contrario se repelen.

### Desarrollo del experimento

Colocamos en un cochecito un imán. Le acercamos otro imán por el mismo polo (norte-norte o sur-sur), entonces comprobaremos que el coche se va hacia atrás, o sea, que los imanes se repelen cuando se acercan por el mismo polo (**Imagen 5**).

En cambio, si le damos la vuelta al imán y le acercamos por el otro polo (norte-sur), el cochecito irá hacia adelante. Los polos del mismo color se repelen.



**Imagen 5.** Coches imantados.

## Material necesario

Coches con imanes	Imanes
-------------------	--------

## 8. Experimento: descubrir campos magnéticos

**Interrogante que plantea:** ¿qué es un campo magnético?

**Fundamentación científica:** el espacio alrededor de un imán se denomina campo magnético. Éste se crea por el magnetismo de un imán permanente, cuanto mayor sea el imán, mayor será la fuerza del campo magnético.

Desarrollo del experimento: En unas botellas de plástico se introducen limaduras de hierro y se cierran. Se le acerca a unos centímetros un imán potente. Las limaduras de hierro se alinean conforme al campo magnético. Se puede hacer también mezclando las limaduras con agua, aceite, lentejas, para observar lo que ocurre.

El campo magnético se puede ver con limaduras de hierro.

### Material necesario

Botellas de plástico	Aceite
Limaduras de hierro	Lentejas
Agua	Imán potente

## 9. Experimento: el péndulo loco

**Interrogante que plantea:** ¿por qué el péndulo realiza un movimiento impredecible?

**Fundamentación científica:** los imanes de la base repelen al imán del péndulo. Cuando soltamos el péndulo se pone en movimiento y tiende a oscilar en un plano como cualquier péndulo, pero cuando llega a la zona de acción de los imanes experimenta una fuerza de repulsión que le hace cambiar la dirección.

### Desarrollo del experimento

En primer lugar construimos un péndulo (**Imagen 6**) del que colgará un imán. Con unos de los polos mirando hacia la base, donde habrá un conjunto de imanes formando una figura geométrica (pentágono).

Los imanes estarán colocados de tal forma que sus polos sean iguales al del imán del péndulo, para que se repelen.



Imagen 6. Péndulo con imán.

### Material necesario

Seis imanes	Base metálica
Péndulo magnético	

## 10. Experimento: varilla giratoria

**Interrogante que plantea:** ¿por qué se mantiene la varilla en vertical girando?

**Fundamentación científica:** la varilla magnética se mantiene vertical gracias al campo magnético (fuerza de atracción) del imán de disco colocado en la parte superior de la estructura. Como no existe contacto físico entre los dos imanes puede girarse la varilla magnética fácilmente y tarda mucho tiempo en pararse.

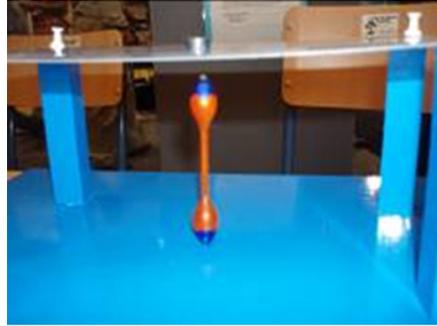


Imagen 7. Varilla giratoria.

Desarrollo del experimento: se construye una estructura que consta de cuatro pilares con base rectangular. Encima de los pilares se pone un soporte de plástico transparente con un imán sobre éste. Cogemos la varilla imantada y la colocamos dentro de la estructura debajo del imán (**Imagen 7**) del soporte superior y debido a la fuerza del campo magnético la varilla se queda levitando. Ahora la giramos y observamos que gira rápidamente sin apenas esfuerzo.

### Material necesario

Varilla magnética	Estructura de cuatro pilares con soporte superior de plástico
Un imán	

## 11. Experimento: ¿qué le gusta a la rana Lupe?

**Interrogante que plantea:** ¿qué es atraído o no por el imán?

**Fundamentación científica:** partimos del principio fundamental del magnetismo: la propiedad que poseen los imanes de atraer o adherirse a los metales de hierro, cobalto o níquel.



Imagen 8. La rana Lupe.

## Desarrollo del experimento

Se presentan varios objetos de diferentes materiales y comprobamos si la lengua de la rana Lupe (que posee un imán en el extremo de su lengua) atrae, o no atrae al contacto con dichos objetos. Habrá objetos de metal, madera, corcho, plástico, cristal, etc., para que el experimentador logre clasificar los materiales en magnéticos y no magnéticos (**Imagen 8**).

## Material necesario

Una rana de madera con una gran abertura en su boca, donde está colocada la lengua (compuesta por una media roja con un imán en su punta)	Objetos de plástico
Imán	Clips
Concha marina	Bote de cristal
Piedras	Llaves
Corcho	Cuchara
Tornillos	

## Actividad: comprueba lo que sabes del magnetismo, jugando a ¿verdadero o falso? (Tabla 1)

	Verdadero	Falso
¿Las personas tenemos un sentido magnético?		
¿El imán puede traspasar su fuerza magnética a otros objetos: tornillos, clips... ?		
¿Los imanes tienen 2 polos: norte y sur?		
¿La fuerza del iman puede atravesar la mano?		
¿Los materiales de oro, plata o cobre, ¿son magnéticos?		
Si unes los polos iguales, ¿se atraen los imanes?		
¿Las palomas se orientan porque tienen un sentido magnético?		
El planeta tierra, ¿tiene fuerzas magnéticas?		

**Tabla 1.** Verdadero o falso.

## Reflexión

Destacamos el trabajo en equipo como elemento motor del *Taller de Ciencias: INVESTIGO*, su carácter internivelar y la amplia participación del profesorado, llegando a ser más de un tercio del Claustro.

Tras las experiencias exitosas del *Taller de Ciencias: INVESTIGO* de los anteriores cursos, la expectación por parte del alumnado y de los padres/madres ha sido bastante alta, lo cual ha hecho que el grupo trabaje con mayor ilusión.

Creemos que el conocer e investigar elementos de la naturaleza que nos rodean son esenciales en la formación de nuestro alumnado, haciéndolos partícipes en la experimentación de fenómenos naturales, en este caso el magnetismo, ha resultado muy atractivo y a su vez muy positivo en la construcción de nuevos aprendizajes.

Nos ha servido de mucho el haber pasado un cuestionario inicial al alumnado, para conocer sus ideas previas y así luego contrastarlas con el cuestionario final, donde hemos podido observar el alto grado de conocimientos logrados.

---

### Referencias bibliográficas

LÓPEZ SANCHO, José María. *La naturaleza del conocimiento*. Claves para entender el proceso de aprendizaje. Madrid: CSS, 2003. 72 pp.

LÓPEZ SANCHO, José María; GÓMEZ DÍAZ, María José; REFOLIO REFOLIO, María del Carmen; LÓPEZ ÁLVAREZ, José Manuel. *Magnetismo en el Aula. Material didáctico para profesores de Educación Infantil y Primaria. Material Didáctico*. Madrid: Comunidad de Madrid. Consejería de Educación. Dirección de orientación académica, 2006. 170 pp.

MEIANI, Antonella. *El gran libro de los experimentos*. Madrid. San Pablo, 2002. 262 pp.

# Sistemas expertos, un divertimento para maestros



**María José Gómez\*** y **José M. López Sancho**

*Maestra y coordinadora del programa El CSIC en la Escuela*

*Investigador y director del programa El CSIC en la Escuela*

---

## Palabras clave

Conocimiento, modelos, aprendizaje, procesos cognitivos.

---

## Resumen

En este trabajo expondremos, de una manera muy simplificada, los elementos esenciales del proceso cognitivo, consistente en procesar información proveniente del mundo exterior a través de los sentidos para aumentar el conocimiento que tenemos de él. Este proceso ilustra, en nuestra opinión, las bases del modelo constructivista del aprendizaje y lo expondremos haciendo referencia al momento histórico en el que, en nuestra opinión, se forman los conceptos que aparecen en las definiciones de este método. Comenzaremos por un principio general y aceptado por todos los docentes: el objetivo de la enseñanza es que el alumno adquiera conocimiento. Pero si buscamos en la WEB la definición de conocimiento encontraremos tantas como búsquedas realicemos, sin que sea fácil elegir una que nos sirva en nuestras discusiones sobre sistemas educativos. Por ello propondremos una definición de conocimiento admitida en el mundo de los sistemas expertos, enlazándola a la teoría clásica de modelos desde la que poder tratar los procesos de aprendizaje en los que estamos interesados.

---

## Introducción y definición de un caso de sistema experto

Si buscamos en la Wikipedia la definición de conocimiento nos encontraremos con la siguiente descripción: «El conocimiento es, por una parte, el estado de quien conoce o sabe algo, y por otro lado, los contenidos descubiertos o conocidos que forman parte del patrimonio cultural del Homo sapiens que se consigue mediante la experiencia, la observación, la instrucción del experto o el estudio».

.....  
\* E-mail de la autora: [mjgomez@orgc.csic.es](mailto:mjgomez@orgc.csic.es).

Otra definición que está muy extendida entre los profesionales de la enseñanza es la que propone Daedalus: el conocimiento es una capacidad humana y no una propiedad de un objeto, como pueda ser un libro. Su transmisión implica un proceso intelectual de enseñanza y aprendizaje.

Prácticamente todas las definiciones que encontramos en el campo de la psicología o de la enseñanza tienen en común el hecho de identificar el conocimiento como algo íntimamente unido a la persona que lo posee, de manera que no puede estudiarse separadamente, como algo que exista independientemente. Nosotros, en cambio, proponemos seguir un camino alternativo, totalmente diferente, utilizado por los informáticos y por los profesionales del campo de los sistemas expertos. El concepto de conocimiento que ellos proponen y que utilizan en su trabajo se define como un producto que puede ser transferido de una persona a otra, de una persona a un sistema o de un sistema a una persona o a otro sistema. No es, de manera alguna, una propiedad inherente a las personas o a las máquinas, como lo es la inteligencia. El conocimiento almacena la información acerca de una parte del mundo de tal manera que permite a una persona o sistema experto predecir el comportamiento de esa parte del mundo y, consecuentemente, tomar ciertas decisiones encaminadas a conseguir un fin. Esto equivale a decir que el conocimiento es una cosa, en el sentido de Wittgenstein.

Para entender de forma conveniente esta definición haremos referencia al camino histórico que permitió a Norbert Wiener llegar a ella. Aunque Wiener trabajó en el campo de la teledirección de misiles, nosotros vamos a estudiar los principios del sistema experto en un ejemplo más próximo, el navegador por GPS.

En este contexto, Norbert Wiener publica en 1948 un libro titulado *Cibernética o el control y comunicación en animales y máquinas*. En esta obra introduce el concepto de cibernética, que será aceptado a partir de entonces y que en la actualidad es de uso común. La idea surgió como resultado de los trabajos de Wiener en sistemas retroalimentados, que pasamos a explicar a continuación aplicándolo al caso, conocido de todos, de los navegadores basados en GPS.

De acuerdo con el planteamiento de Wiener un navegador es un sistema que tiene un propósito u objetivo: llegar a un lugar determinado de la superficie terrestre partiendo del punto en el que se encuentra. El hecho de que el sistema tenga una intención lo dota, de acuerdo con Wiener, de una de las características de la inteligencia.

El problema del navegador es, en principio, hallar la trayectoria que une el origen con el lugar de destino utilizando la red de carreteras. Para ello cuenta con un receptor de GPS que le permite determinar en todo momento su situación en coordenadas geográficas. Además dispone de un mapa o modelo simplificado del mundo, que tiene señalados los caminos posibles por los que se puede desplazar por el mundo, es decir, las carreteras. También dispone de una tabla o base de datos en la que se encuentran las coordenadas de todos los puntos de destino posibles: ciudades, calles y número de edificio.

Por medio del GPS el navegador determina sobre su mapa el punto de origen, del que partimos. A continuación determina el punto de destino, por medio de las coordenadas que tiene en la base de datos. Inmediatamente después determina, sobre el mapa de carretera (modelo del mundo), los caminos posibles que unen el origen al destino y las correspondientes longitudes y elige, entre ellos, el más corto. Esta es la primera parte del sistema de Wiener.

Supongamos ahora que seguimos las indicaciones del navegador pero que, en un momento determinado, no tomamos el camino correcto. El navegador se dará cuenta de nuestro error, ya que nuestra situación no coincide con ninguna del camino elegido, y calculará una nueva trayectoria partiendo de nuestra situación equivocada. Como resultado rediseñará un camino que corrija nuestro error. Este proceso de corrección es el que corresponde a la retroalimentación.

El concepto corresponde al proceso por el que el sistema observa el error, (diferencia entre nuestra posición errónea y la posición correcta en la que nos deberíamos encontrar); este error lo convierte en un dato que introduce en el navegador (lo alimenta con este dato) de manera que el sistema elimine el error.

En este ejemplo vemos todos los elementos de un sistema inteligente o experto:

- 1.** La máquina presenta una intención bien definida, un objetivo que debe perseguir.
- 2.** La máquina posee una memoria en la que almacenar datos.
- 3.** Posee igualmente una memoria en la que almacena el programa lógico o algoritmo.
- 4.** El sistema se relaciona con el mundo exterior a través de elementos que le permitan recibir señales del mundo (una especie de sentidos) por medio de los cuales conoce el lugar en que está situado. En nuestro caso el órgano

de recepción está constituido por la antena del GPS que le permite recibir las señales de los satélites a partir de las cuales determina su posición en el globo terráqueo.

5. Dispone de un modelo del mundo con información detallada de los caminos por los que puede moverse. Gracias a sus sentidos conoce el punto exacto en el que se encuentra en el mundo real y lo traslada a su modelo de mundo (el mapa).
6. Todo lo que necesita, además, es realizar simples operaciones de sumas y restas y poder comparar dos números, de manera que pueda determinar cual es el mayor.

Estas son, en esencia, las características que definen un sistema experto elemental, el caso más sencillo sobre el que estudiar los procesos de construcción del conocimiento.

## El proceso de aprendizaje

Una vez definido nuestro sistema, aunque sea de una manera no muy profunda, podemos deleitarnos intentando aplicar a esta máquina los principios de la construcción del conocimiento que poseemos del campo de la enseñanza. Aquí solo esbozaremos algunos de los casos posibles, pero estamos seguros que nuestros lectores extenderán esta especie de juego a otras situaciones.

Si analizásemos nuestro navegador utilizando el modelo de Piaget, el mapa del navegador (nuestro modelo del mundo) jugaría el papel de **esquema**. Una vez fijado nuestro destino, si seguimos el camino que nos dicta la máquina no haríamos más que comprobar la exactitud de nuestro esquema. Es el caso en el que un niño lanza un objeto con la intención de que caiga en el suelo. La trayectoria que sigue el objeto y el punto de destino coincide con la trayectoria prevista por el niño y no aparece ninguna necesidad de modificar el esquema.

## Proceso de asimilación

En el caso en que llegáramos a una bifurcación y no tomáramos el camino correcto, situándonos en un punto exterior a la trayectoria calculada, se produciría un proceso de **asimilación**. Como todos recordamos la asimilación piagetiana consiste en la incorporación o internalización de una información (proveniente de un

objeto o suceso) en un esquema existente, de manera que se mantenga el **equilibrio** entre su mapa y la realidad. En nuestro caso el navegador situaría su posición en un punto exterior a la ruta, pero situado en una de las carreteras que existen en su mapa. Como resultado el mapa o esquema sigue siendo válido y lo único que haría sería recalcular la trayectoria. Estamos en un caso semejante al inicial.

## Situación de desequilibrio

Supongamos que, siguiendo el camino hacia nuestro destino que nos dicta el navegador encontramos una autopista nueva, recién construida, con una gran señal que indica que nos llevará a nuestra meta. Si tomamos la decisión de tomar esa nueva carretera el navegador se encontrará en mitad del campo, fuera de los caminos señalados en su mapa. Esto lo lleva a una situación de **desequilibrio**, en la que se produce una diferencia fundamental entre su esquema o mundo modelizado y su situación en el mundo real. Los navegadores actuales no son lo suficientemente inteligentes como para reaccionar ante esta situación como sabemos que lo hacen los niños desde que comienzan a percibir el mundo. Nuestra máquina se desorienta y se queda en una situación en la que no puede resolver el problema con el que se enfrenta.

## El proceso de acomodación, y nueva situación de equilibrio

Este proceso es cualitativamente diferente del anterior, ya que es uno de los métodos que conducen a la construcción de conocimiento, es decir, una característica propia de los sistemas inteligentes y que sólo ellos poseen.

Si el navegador tuviera la posibilidad de llevar a cabo procesos de acomodación tomaría nota de sus nuevas posiciones y las añadiría a su mapa en forma de una nueva carretera, modificando así el modelo su mundo.

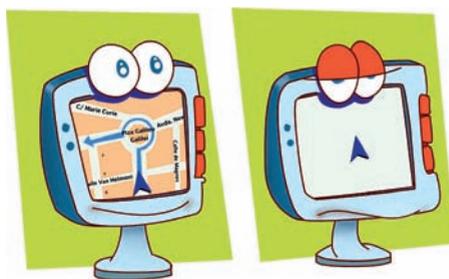
Recordemos que el conocimiento que el sistema tiene del mundo está almacenado (por decirlo de alguna manera) en su mapa. Al modificar este mapa está aumentando el conocimiento que posee del mundo real. Este proceso, llamado por Piaget de **acomodación**, es el que permite construir nuevo conocimiento a los sistemas inteligentes, entre los cuales nos encontramos nosotros.

Una vez que el navegador hubiera añadido el nuevo camino a su mapa, se hallaría de nuevo en una situación de equilibrio. Si fuese humano y sintiese emociones esto le proporcionaría una sensación de tranquilidad, que nosotros percibimos cuando sentimos que nuestro modelo coincide con el mundo en el que vivimos donde se cumplen nuestras predicciones sobre el comportamiento de las personas y los objetos que nos rodean.

Como veremos en futuros trabajos, este proceso es muy similar al que describe Thomas Samuel Kuhn en su obra *La estructura de las revoluciones científicas*; pero en este caso el proceso no tiene lugar en el interior de una persona sino en una parte de la comunidad científica. Y es que parece que la forma en la que los seres humanos asimilan y construyen conocimiento es la misma desde que nacen, ya sea un proceso personal o social.

## Un navegador constructivista

Ahora nos encontramos en condiciones de describir un sistema experto capaz de construir conocimiento. Si dispusiésemos de un sistema de este tipo no necesitaríamos descargar todos los años los mapas actualizados para actualizar nuestro navegador. El proceso que seguiríamos sería, más o menos, el siguiente. Una vez adquirido un navegador nuevo nos dedicaríamos a recorrer ciudades y carreteras, de manera que la máquina fuese tomando nota de los posibles caminos y construyendo su mapa. Cuantos más caminos hubiésemos andado más exacta sería la representación de nuestra máquina y más útil nos resultaría. Sería una máquina con más conocimiento. Este modelo de sistema es el que vamos a emplear en los párrafos siguientes.



**Imagen 1.** Navegador con «conocimiento» y sin «conocimiento».

Es evidente que nuestra máquina tendría un grave inconveniente (**Imagen 1**), habría que enseñarla todo desde el principio, lo cual constituiría un problema, salvo que inventásemos algún sistema por el que otra máquina más vieja y con más conocimiento la pudiese transferir los datos a la nuestra. Como el navegador no cuenta con más medio de aprender que el de asimilación y acomodación tendríamos que simular de alguna manera situaciones que pusiesen al navegador en situaciones apropiadas. Y así inventaríamos una didáctica para navegadores.

## Aplicación al proceso de aprendizaje de la ciencia en las aulas de infantil y primaria

Aunque el modelo que hemos expuesto es extremadamente simplificado, lo hemos hecho porque consideramos que puede ser útil tanto para aclarar nuestros conceptos como para nuestro propio divertimento, aspecto muy importante que no debemos despreciar.

Como hemos visto, la construcción de conocimiento que hemos estudiado se lleva a cabo construyendo un modelo nuevo del mundo o modificando un modelo preexistente; ambas situaciones se dan, como todos sabemos, en nuestras aulas.

La primera de estas situaciones suele darse cuando enfrentamos por primera vez a nuestros alumnos con el modelo molecular de la materia. El procedimiento que seguimos es el de mostrarlos cómo aparece, por condensación, una cantidad apreciable de agua sobre la superficie de un bote de refresco que se halla por debajo de la temperatura de rocío. Los alumnos no disponen de ningún modelo previo que puedan utilizar como referente y, como consecuencia, se encuentran en una situación de acomodación sin modelo que modificar. No es extraño, ya que el modelo molecular lo comenzó a esbozar Leucipo, hacia el siglo V a. C. y no se admitió de forma universal hasta que Einstein publicó su trabajo sobre el efecto browniano en 1905. En esta situación no tenemos más remedio que ayudarlos a construir un modelo nuevo para ellos.

Una vez que han adquirido las ideas fundamentales de este modelo, podemos proporcionar los ejemplos de procesos que pueden explicar con la teoría molecular, como la de la evaporación de los charcos, el proceso por el que se seca la ropa o la obtención de la sal por evaporación del agua del mar. Todos estos procesos de asimilación tienen en común la persistencia de las moléculas de cada sustancia, ingrediente esencial en la presentación que les hemos hecho del modelo.

También podemos, si es nuestro propósito, inducir en ellos una situación en la que tengan que acomodar nuevas situaciones, como ocurre cuando vertemos vinagre sobre bicarbonato. En este caso las moléculas del ácido reaccionan con las del bicarbonato para formar nuevas sustancias, la más notoria de las cuales es un gas, el CO<sub>2</sub>.

Y así nos vemos obligados a cambiar drásticamente nuestro modelo: las sustancias no son elementos; sus moléculas están formadas por combinaciones de átomos que, de momento, consideraremos elementales, sin partes. Y estudiaremos cómo la composición de las moléculas determina su comportamiento. Mas adelante vere-

mos que tampoco los átomos son elementales, que también están formados por partículas más pequeñas. Electrones, protones y neutrones los forman siguiendo reglas de la naturaleza bien determinadas. Y así, abriendo una por una las muñecas rusas de la composición de la materia iremos mostrando en unos años lo que se ha tardado en descubrir más de dos mil años. Y, milagrosamente, si hacemos bien nuestro trabajo, nuestros alumnos lo aprenden.

## Conclusiones

En otros trabajos iremos extendiendo nuestra exposición e introduciendo nuevos conceptos; pero no queremos dejar de citar el hecho, esencial en el tema de la educación en los primeros años, de que nuestros alumnos van madurando a una velocidad comparable con la complejidad de las materias que deben aprender. Es como si tratásemos con una máquina cuyas posibilidades aumentan de día en día, haciéndose más inteligente. Pero este tema es, de momento, demasiado complejo para la cibernética.

---

### Referencias Bibliográficas

KUHN, Thomas S. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de cultura Económica, 2005. 361 pp.

PIAGET, Jean. *El lenguaje y el pensamiento del niño pequeño*. Barcelona: Paidós Ibérica, 1987. 104 pp.

Wikipedia [en línea]: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Conocimiento>> [consulta: Junio 2010].

# De Moby Dick a China, siguiendo la brújula: el magnetismo y sus implicaciones en la historia de la humanidad

**Arantza Iriarte\* y Nekane Nuño**

*Maestras de las escuelas unitarias CP Auritz-Burguete y CP Auzperri-Espinal. Navarra*



---

## Palabras clave

Magnetismo, ciencia, educación, competencias, escuela.

---

## Resumen

¿Se puede estudiar ciencia leyendo «Moby Dick»? ¿En China les pasa lo mismo que aquí? ¿El monte que está frente a mi escuela es un imán gigante? ¿Podemos ver/explicar lo que el ojo humano no percibe? ¿Por qué la maestra no me da una respuesta concreta?

Estas preguntas así presentadas no parecen tener ninguna relación entre si, pero a partir del trabajo realizado con alumnos/as de Primaria, mostraremos cómo la ciencia puede servir de eje central para trabajar diferentes competencias básicas y valores; potenciar la curiosidad y el afán por aprender de los niños/as independientemente de su edad, o conocimientos previos y facilitar el trabajo en equipo.

---

## Nuestra experiencia

Desde hace años, intentamos elaborar nuestros propios temas para el Área Conocimiento del Medio, Natural y Social. No utilizamos libro de texto, ya que contextualizamos los contenidos y los adaptamos a nuestro alumnado y al entorno en el que viven (pueblo pequeño). Para ello trabajamos de manera interdisciplinar varias áreas, con una metodología muy participativa en la que deben vivenciar los conocimientos y extraer sus propias conclusiones.

La comprensión lectora es utilizada como metodología de aprendizaje y elemento básico en nuestras propuestas.

Los textos (orales, escritos) que utilizamos en esta Unidad Didáctica (UD) son narrativos e instructivos.

.....  
\* E-mail de la autora: [airiarate@educacion.navarra](mailto:airiarate@educacion.navarra).

Los experimentos que se proponen permiten crear un modelo para comprender aquello que por medio de los sentidos no podríamos hacer. En esta UD, en concreto, podemos visualizar los campos magnéticos (invisibles al ojo humano).

La formación ofertada en el Centro de Apoyo al Profesorado (CAP) de Pamplona e impartida por el equipo de El CSIC en la Escuela nos ha permitido adquirir el conocimiento científico necesario para poderlo transmitir a nuestros alumnos/as, con seguridad y sin el miedo que nos producía su desconocimiento (que suele ser generalizado entre el profesorado de Primaria); al mismo tiempo, nos mostró que muchos prejuicios que teníamos con nuestro alumnado («no pueden entenderlo, es demasiado complejo para su edad, etc.») eran meras excusas para no afrontar aquellos temas que nos producían inseguridad.

### Conceptos que se trabajaron

- Campos magnéticos.
- Norte/sur magnético.
- Norte/sur geográfico.
- Fuerza magnética.
- Atracción/repulsión magnética.
- Brújula.

### Objetivos

- Descubrir la diferencia entre objetos magnéticos y no magnéticos y sus características.
- Comprender cómo funcionan los imanes: polos y campos magnéticos.
- Comprender el funcionamiento de las brújulas y su función en la historia.
- Facilitar el desarrollo de competencias básicas del alumnado.
- Descubrir la Tierra como un gran imán.
- Que sean capaces de elaborar hipótesis, su comprobación y conclusiones.

### Pasos del trabajo

Elaboramos y/o recopilamos unos materiales (textos literarios, históricos, experimentos...).

Brevemente, el protocolo es el siguiente:

1. Se trabajará con el texto introductorio a la experimentación.

2. Antes de comenzar, se explicará en voz alta qué tienen que hacer y cómo experimentar con los materiales.
3. En ocasiones (cuando se considere oportuno) se realizará una demostración por parte de la maestra.
4. Posteriormente se les dejará un tiempo para que realicen las experiencias (individualmente, parejas o grupos), lancen hipótesis y las comprueben.
5. Exposición de sus conclusiones.
6. Al finalizar deberán recoger por escrito (texto y/o dibujo) el proceso realizado.

## Desarrollo de la Unidad Didáctica

### Introducción

Esta experiencia la realizamos en dos escuelas de las denominadas unitarias o multigrado y de características muy similares: una unidad de Educación Infantil y otra de Educación Primaria. La unidad se desarrolló, en concreto, en el aula de Primaria.

Las características de este tipo de grupos/clase conlleva continuas adaptaciones tanto organizativas como metodológicas, lo que a menudo, nos obliga a trabajar una misma unidad a distintos niveles de adaptación.

La metodología aplicada en estas escuelas está basada en la teoría constructivista e intentamos tratar las diferentes propuestas de manera globalizada. Para ello tomamos como referencia las distintas unidades a desarrollar en el Área de Conocimiento del Medio Natural y Social de Educación Primaria.

En este contexto surgió la posibilidad de acceder al curso de formación impartido por el CSIC en el CAP de Pamplona. Pensamos que podía ser lo que tantas veces habíamos deseado: un refuerzo en nuestros conocimientos para poder orientar y acompañar a nuestros alumnos/as con seguridad. De esta manera surgió la UD que a continuación se describe.

### Objetivos

1. Observar los fenómenos naturales relacionados con el magnetismo.
2. Elaborar hipótesis sobre dichos fenómenos.
3. Comprobar las hipótesis.

## Contenidos didácticos

1. Imanes.
2. Imantación.
3. Polos.
4. La brújula.
5. Los polos magnéticos de la Tierra.

## Actividades

Se les proporcionan imanes (**Imagen 1**) y se deja que actúen con ellos libremente. Como la mayoría de ellos corresponden a un juego de clase y que muchos tienen en su casa, en principio se dedican a hacer construcciones. Después, hacia la mitad de la sesión, comenzamos a «dirigir» a través de la acción directa, sin palabras: intentamos pegar el imán en diferentes lugares, lo colocamos debajo de la mesa e intentamos que actúe sobre el que está encima, etc. En ocasiones somos nosotras quienes conducimos hacia una actividad (ellos imitan) y otras veces, sin embargo, se producen como consecuencia de sus propias actuaciones.



**Imagen 1.** Juego con imanes.

Al realizar esta experiencia surgieron las distintas propiedades, lo que nos llevó a realizar un estudio más sistemático de las mismas. Para las siguientes sesiones presentamos unas investigaciones muy concretas:

### 1. ¿Dónde se quedan pegados los imanes?

Cada uno tiene un imán que debe dejar pegado en algún lugar de la clase. Cuando lo consiga se le facilita otro pero éste no podrá estar en el mismo sitio que el que ha colocado con anterioridad o donde ya se encuentre otro.

**Conclusión:** distinguimos y denominamos los objetos magnéticos y no magnéticos.

## 2. ¿Cómo se comportan los objetos atraídos por los imanes?

Reunimos objetos cotidianos que son atraídos por los imanes (clips, tijeras, llaves, etc.) Los colocamos en cadena y podemos colgarlos. Comprobamos que resulta muy fácil, se atraen entre sí. Pero esto sólo ocurre cuando están en contacto con el imán, si quitamos éste no sucede nada.

**Conclusión:** propiedad de la imantación.

## 3. La atracción del imán ¿es posible a través de objetos no magnéticos?

Experimentamos con los imanes para ver qué ocurre cuando colocamos algo que no es magnético entre ellos (papel, cartón, tarro de cristal, de plástico...). Hay quien usa su propio cuerpo y se coloca un pendiente (**Imagen 1**), hace bailar o saltar al imán usando otro por debajo de la mesa y si es muy potente, incluso a través de la palma de la mano.

**Conclusión:** propiedad de la inducción.

## 4. ¿Qué ocurre cuando intentamos unir dos imanes?

Hasta este momento, la mayoría de las veces se han usado imanes de un solo color y ahora se les facilitan los de colores diferenciados. Gracias a los experimentos anteriores han podido probar que los imanes a veces se juntaban y otras se alejaban. Con los imanes de color observamos cuándo sucede.

**Conclusión:** colores iguales se separan y distintos se juntan.

Es el momento de dar nombre a las fuerzas de atracción y repulsión.

Distinción de los polos: norte (rojo) y sur (blanco).

## 5. ¿Qué sucede si partimos un imán?

Saben, por la experimentación, que en los juegos con los imanes si juntamos uno a otro, se obtiene un único imán. Así como también saben que las esferas metálicas que forman parte de estos juegos sólo tienen la función de «enlace», que la fuerza pasa por ellos, pero que en sí no la tienen. Experimentan como con muchos fenómenos naturales más, pero no se paran a pensar.

Este experimento fue un claro ejemplo: lo habían hecho muchísimas veces pero fue necesario que lo realizaran una más antes de verbalizar.

**Conclusión:** cada una de las partes se convierte en un imán con sus polos diferenciados.

En nuestra tarea cotidiana utilizamos la comprensión lectora como metodología de aprendizaje y elemento básico en las propuestas. Así pues, se presentaron al alumnado dos textos expositivos en dos de las lenguas que se contemplan en el currículo: Euskara y Lengua Castellana.

- Descubrimientos de las culturas orientales en relación con el magnetismo.
- Un capítulo de la novela de Moby Dick llamado «Brújulas mentirosas» y donde se describe la estrategia utilizada por el capitán para construir una brújula.

Una vez analizado el contenido de los textos orientamos nuestra actuación proponiéndoles nuevas investigaciones:

## 6. ¿Qué sucede cuando los imanes que giran libremente se detienen?

· Colgar imanes: Buscaremos el centro de los imanes (muy fácil si se usan de los juegos) y los ataremos con un hilo para que una vez puestos colgando en equilibrio y sin la influencia cercana de objetos magnéticos, queden de manera que puedan girar libremente (**Imagen 2**).

· Hacer girar un imán que colocamos en equilibrio sobre una cuchara y realizar las mismas observaciones.

Al pararse, todos los imanes presentan la misma orientación y para comprobar que no es una casualidad, volvemos a hacerlo varias veces.

**Conclusión:** todos quedan orientados de la misma forma.



**Imagen 2.** Imán girando libremente.

Es en este punto cuando se les presentan y reparten unas brújulas sencillas y se les propone que observen el punto que éstas señalan. Llegan a la conclusión de que el punto coincide con la orientación que mantienen los imanes colgantes y la cuchara.

## 7. Se les proporciona un texto con instrucciones

Lo leen de forma individual y a continuación lo hacemos en grupo. Seguidamente se les propone imitar al capitán y elaborar una brújula a partir de la lectura de un texto con las instrucciones necesarias para ello. A continuación cuestionamos el porque de este comportamiento y les pedimos que realizaran sus hipótesis.

La situación que se creó fue la que suscitó mayor dificultad: creíamos que con las experiencias realizadas podrían ser capaces de hacer una hipótesis sobre este comportamiento con cierta facilidad y probabilidad de acierto, pero la realidad fue bien distinta y no resultó tan sencillo como preveíamos.

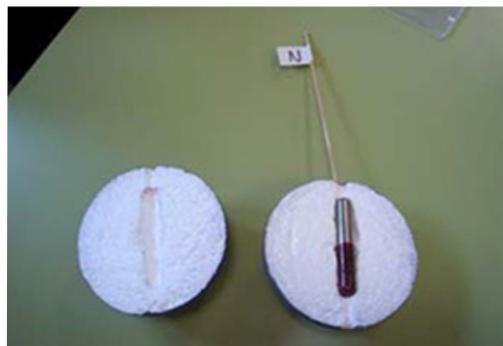
Después de hacer un rápido recorrido recordando los experimentos realizados y las conclusiones a las que habíamos llegado parecía que nuestra meta no estaba tan cerca hasta que por fin alguien comentó:

«Tiene que haber un imán muy grande en Mendixuri (un monte muy conocido para ellos y hacia donde señalaban siempre las brújulas) que atraiga a todos éstos».

## 8. Es entonces cuando proponemos el último de los experimentos

Construiremos un modelo de la Tierra. Para ello necesitaremos una pelota de porexpán y un imán potente que colocaremos en su interior (**Imagen 3**).

Ahora, usando las brújulas comprobaremos cómo se orientan. El polo que la brújula señale como Norte corresponderá al Polo Norte geográfico y el otro, por lo tanto, será el Polo Sur.



**Imagen 3.** Modelo de Tierra.

A continuación sacamos el imán y observamos que en el Polo Norte se encuentra el lado rojo del imán y en el Polo Sur el lado blanco.

**Conclusión:** la Tierra es un gran imán invertido.

## ¿Cómo viven nuestros alumnos estas experiencias?

1. Plantear a los alumnos un camino de descubrimientos propios a veces es complicado; esperan que nosotras seamos la respuesta inmediata a sus cuestiones.

Romper con esta dinámica suele ser una de las mayores dificultades del principio, no sólo para ellos, también para nosotras.

2. A medida que trabajamos de ésta manera, vemos cómo cada vez van surgiendo más preguntas: esto nos indica que vamos por el camino idóneo.
3. Van perdiendo el miedo a equivocarse y a plantear hipótesis (algo complicado en los comienzos...).
4. Uno de los aspectos es constatar cómo los aprendizajes se van produciendo a través de la interacción social: a resultados de los planteamientos o curiosidades entre ellos y, cuando esto no se da, a través de propuestas nuestras encaminadas a un logro concreto.
5. Otro de los puntos de mayor dificultad es, al menos entre nuestros alumnos, la verbalización tanto de las observaciones como de las hipótesis y sobre todo de las conclusiones. Trabajar de esta manera nos ha proporcionado multitud de ocasiones para practicar la expresión oral. Como veis, ¡la globalización viene rodada!
6. La sensación más agradable es ver cómo niños o niñas que por diversos motivos plantean dificultades de aprendizaje en otras áreas, se sienten equiparados a sus compañeros y hacen aportaciones igual de interesantes y valiosas que las de los demás.

## ¿Cómo hemos vivido nosotras esta experiencia?

Siguiendo la metodología constructivista, nuestro papel es ser guías en el aprendizaje y no transmisoras únicas de conocimientos.

Para poder ejercer de guía en el avance de los descubrimientos, nos han sido de gran utilidad los cursos de formación científica, porque:

1. Hemos afianzado y ampliado distintos conocimientos científicos.
2. Hemos descubierto que es de gran ayuda conocer el recorrido histórico de cada tema, pues facilita mucho la secuenciación de la unidad didáctica.
3. Nos ha llevado a revisar nuestras programaciones de Conocimiento del Medio, ver en qué puntos podíamos mejorar, e intentar aplicar el método científico en más unidades.

Para acabar, animar a toda la comunidad educativa a aplicar el método científico, primero con pequeñas experiencias como las que os hemos presentado, porque después, como nos ha pasado a nosotras, acaba siendo una filosofía que nos lleva a cuestionarnos las cosas y a buscar soluciones o respuestas por nosotros mismos. Y a los docentes nos ayuda a contribuir en la formación de alumnos críticos, autónomos y seguros.

## Reflexiones

- Esta metodología de trabajo motiva mucho a los alumnos/as y les ha resultado muy interesante, pedían más tiempo dedicado a trabajar ciencia.
- La diversidad existente en el aula sólo se ha notado al trabajar los textos (diferentes niveles de competencia lectora), nunca a la hora de elaborar hipótesis, ni en las comprobaciones ni en el momento de obtener conclusiones.
- La manipulación de los materiales al realizar los experimentos ha potenciado la participación de todos/as en igualdad de condiciones y facilitado el trabajo cooperativo.
- Este tipo de propuestas estimula la curiosidad y las ganas de aprender de nuestros alumnos/as.

Los anexos de esta UD pueden descargarse en la dirección:

<http://www.csicenlaescuela.csic.es/proyectos/magnetismo/experiencias/burguetespinal/mag1.htm>

---

### **Referencias bibliográficas**

Equipo de El CSIC en la Escuela. *Formación del profesorado* [en línea]:

<<http://www.csicenlaescuela.csic.es/>> [consulta: Septiembre 2009].

LÓPEZ SANCHO, José María; GÓMEZ DÍAZ, María José; REFOLIO REFOLIO, María del Carmen; LÓPEZ ÁLVAREZ, José Manuel. *Magnetismo en el Aula. Material didáctico para profesores de Educación Infantil y Primaria. Material Didáctico*. Madrid: Comunidad de Madrid. Consejería de Educación. Dirección de orientación académica, 2006. 170 pp.

# Un mapa cultural para situar la enseñanza de la ciencia: la revolución científica y el fin del aristotelismo

M.<sup>a</sup> Carmen Refolio Refolio y  
Jose María López Sancho\*

*Investigadora del programa El CSIC en la Escuela*

*Investigador y director del programa El CSIC en la Escuela*



---

## Palabras clave

Paradigma, modelo, revolución científica, arte, historia, Renacimiento, matemáticas, Barroco.

---

## Resumen

En este artículo describiremos la evolución del paradigma científico desde la cultura clásica hasta la revolución científica. En artículos posteriores nos ocuparemos de los periodos restantes.

Imaginaremos que todo tienen lugar en un escenario cuyo telón de fondo es común a todos ellos, una especie de tapiz imaginario que representa el eje temporal de la historia. En él se pueden distinguir los periodos artísticos que conforman el armazón cultural sobre el que queremos situar la historia de la ciencia.

El objetivo de este enfoque es doble. Por un lado se logra ordenar los conocimientos científicos siguiendo un patrón temporal, engarzándolos con los hitos históricos que forman parte del bagaje cultural de los maestros, de tal manera que entiendan el papel de la ciencia como vertebrador de la cultura. Por otro lado, se expone claramente la relación entre conocimiento científico y progreso social, conexión fundamental sin la cual es imposible entender la evolución de la especie humana.

---

## La ciencia en el mundo clásico

Tomando como punto de partida la Grecia Clásica, queremos poner de manifiesto un hecho algunas veces ignorado y extraño. Si el lector recuerda los nombres de los griegos que estudió en su niñez, la mayoría de ellos pertenecían a científicos. Lo mismo ocurre con la concentración sin precedentes de preguntas y modelos científicos nunca planteados anteriormente, en el periodo que va del siglo V a. C. al V d. C.

---

\* E-mail del autor: [lopezsancho@cfmac.csic.es](mailto:lopezsancho@cfmac.csic.es).

La hipótesis de la existencia de los átomos, la geometría de Euclides, la física de Aristóteles, la hidráulica de Arquímedes, las medidas y determinaciones astronómicas de la escuela de Alejandría, la elaboración de mapas y modelos del universo, etc., son algunos de los conocimientos que asociamos con esta época histórica, y que jugaron un papel fundamental en el arte de la época, en particular en la arquitectura, como atestigua el Partenón (**Imagen 1**).

De todos ellos queremos destacar, en primer lugar, el enunciado del Principio fundamental de la ciencia de Leucipo. Este principio asume que «la naturaleza se comporta de acuerdo con leyes fijas, y que los seres humanos las pueden descubrir».

Y en este periodo, también, se establece el primer paradigma de base empírica, debido a Aristóteles, que perduraría a lo largo de la Edad Media y el Renacimiento hasta el tiempo de Galileo, ya en pleno Barroco.



**Imagen 1.** El Partenón.

En el modelo aristotélico, el movimiento de un cuerpo se debía a la acción de una fuerza, ya que para él las fuerzas producían velocidades. Como ninguna fuerza podía ser lo suficientemente grande para mover la Tierra, esta debía permanecer inmóvil en el centro del universo (modelo geocéntrico).

La inteligencia de Aristóteles se pone de manifiesto en la sutileza de estos falsos conceptos. Ambas ideas eran tan atractivas que la humanidad tardó casi dos mil años en descubrir su falsedad. Su éxito durante todo el periodo medieval y parte del Renacimiento se debe a que la simplicidad de su planteamiento lo hace prácticamente intuitivo.

Aunque no queremos tratar aquí el problema de los preconceptos en enseñanza, sí queremos señalar que los alumnos llegan a los primeros cursos con el modelo de Aristóteles perfectamente interiorizado, aunque nunca hayan oído hablar de él. ¿Será que la enseñanza sigue el camino de la historia como la ontogenia sigue el de la filogenia?

Siguiendo con el mundo clásico, los experimentos de Arquímedes hacia el año 200 a. C. estudian las primeras fuerzas en acción: el peso y el empuje.

Con los experimentos de flotación se adquieren los conceptos de peso y empuje, de masa y densidad, y de composición de fuerzas. Hemos descubierto la estática. Al no relacionar la fuerza con la velocidad Arquímedes no entró en conflicto con Aristóteles.

Arquímedes completó la estática con su concepto de momento de una fuerza desarrollado en su estudio de la palanca. Con estos conocimientos podemos entender e incluso diseñar, como de hecho se hizo, los edificios construidos a base de piedras sillares, desde los templos griegos y los acueductos romanos a las catedrales góticas. Todos ellos se comprenden aplicando la sencilla regla de suma de fuerzas igual a cero y suma de los momentos de las fuerzas igual a cero, tal como la enunciamos nosotros en este momento.

Además, apoyados en la recopilación de la geometría que realizó Euclides, en esta época se elaboró el modelo de universo que habría de permanecer hasta 1543, como veremos.

En el siglo II Ptolomeo se apoyó en la idea aristotélica de que la Tierra se encuentra en el centro del universo para enunciar su modelo, según el cual la Luna, el Sol y los demás planetas (en aquella época se llamaban planeta a los siete cuerpos brillantes) giraban en torno a la Tierra en órbitas perfectamente circulares. Utilizando este modelo se desarrollaron métodos para medir los radios de la Tierra, de la Luna y del Sol, así como las distancias entre ellos.

Los resultados de estas medidas perduraron hasta hace relativamente poco tiempo y fueron utilizados tanto por Colón como por los que juzgaron sus propuestas.

Calzadas, circos, teatros, puentes y acueductos (**Imagen 2**) forman parte del paisaje cultural romano y nos sirven de miliarium para asociar la imagen con el periodo histórico.

Así como los griegos fueron grandes pensadores contribuyendo al desarrollo científico de la época, los romanos fueron grandes tecnólogos que aplicaron dichos conocimientos.

En esta época el pensamiento se hace platónico, de la mano de Agustín de Hipona, San Agustín, que preconiza la



**Imagen 2.** Acueducto de Segovia.

fe como única herramienta para conocer el mundo. Deberemos esperar a que llegue el siglo XIII para que otro santo, Santo Tomás, sustituya su filosofía por la de Aristóteles, un científico empirista.

## El mundo medieval

Se suele tomar la caída del imperio romano, hacia el 455, como el comienzo de la Edad Media, cuya época oscura llega hasta el año 1000. En esa época se inicia un despertar que coincide con el tiempo del papa Silvestre II. Sin embargo, ese periodo de 550 años no fue tan oscuro como se suele pensar.

El arte árabe y el mozárabe nos ayudan a fijar la época del califato y de la reconquista, con sus inconfundibles construcciones (**Imagen 3**).

Sobre este decorado podemos proyectar los trabajos de los alquimistas, que desarrollaron una cantidad de conocimientos que, cuando llegó a la masa crítica, motivó la explosión de la ciencia química.

Los árabes aprendieron de los chinos la forma de fabricar papel, probablemente en Samarkanda, de manera que en el año 1100 se fabricaba papel en España.

También la matemática se enriqueció con la invención, o al menos con la formalización, del álgebra (la palabra álgebra deriva del árabe al-Jabru, reducción), aunque ya se hacía uso de sus métodos en la antigua Babilonia.



**Imagen 3.** Mezquita-Catedral de Córdoba.

Para entender su alcance debemos recordar que la aritmética consiste en el conjunto de operaciones que se pueden realizar con números, utilizando la suma, la resta, la multiplicación y la división. Así:  $3 + 4 = 7$

es un ejemplo de operación aritmética, pero si sustituimos uno de los números por una letra, se convierte en una igualdad o ecuación algebraica:  $3 + x = 7$

Si quitamos 3 a ambos lados de la igualdad obtendremos otra igualdad:

$$3 + x - 3 = 7 - 3 \rightarrow x = 4$$

Es fácil entender el enorme potencial de este invento ya que nos permite, aplicando reglas muy sencillas, descubrir qué números cumplen determinadas condiciones.

En el siglo IX, el matemático al-Jwrizm, escribió el primer libro sobre álgebra, exponiendo sus métodos y aplicándolo a numerosos ejemplos, llegando incluso a resolver ecuaciones de segundo grado.

Al Hazen, hacia el año mil modifica el modelo de visión de Euclides y Ptolomeo, negando que el ojo lanzase rayos. Además perfecciona la ley de la refracción de Ptolomeo.

Los reyes cristianos conquistan Toledo en 1085 y los mongoles traen a Europa, en el inicio de siglo XIII, el invento chino de la pólvora. A cambio, de Europa se lleva a China el proceso de obtención de alcohol mediante destilación.

En esta época comienzan a aparecer en Europa las primeras construcciones románicas (Abadía de Cluny). Por lo que respecta a España las arquitecturas visigoda, asturiana y mozárabe evolucionan hacia el románico (**Imagen 4**),

En Inglaterra los nobles obligan a Juan sin Tierra (hermano de Ricardo corazón de León) a establecer la Cámara Alta. Algo parecido ocurre en Aragón, donde los nobles obligan al Rey a jurar los fueros. Mientras sus coetáneos Alberto Magno y Tomás de Aquino redescubren a Aristóteles a través de las traducciones árabes y armonizan sus teorías con la Biblia (la Escolástica). Este paradigma duraría hasta el siglo XVI, en el que comienza la Revolución científica.



**Imagen 4.** Iglesia de Santa María del Naranco.

Las traducciones al latín del Álgebra de al-Jwarizm, el Almagesto y otros muchos libros de gran importancia, copiados en la Escuela de Traductores de Toledo, llegaron a toda Europa por los diferentes caminos de peregrinos que la recorrían.

Europa ya tiene una cultura común que la identifica y que romeros, palmeros y peregrinos se encargan de extender por toda su geografía. Estos caminos fueron las arterias por las que circularon los conocimientos clásicos, traducidos primero al árabe en Damasco y Córdoba y luego al latín en Sicilia y Toledo. Cualquier persona

que llegase viajando desde el Este entraría en un paisaje dominado por un mismo estilo en arquitectura e imagen. Estamos en el siglo XIII, ha nacido Europa y su cultura es románica. Aunque se perfila un nuevo estilo

Entre los pergaminos escritos en árabe que se tradujeron en las escuelas de traductores se encontraron muchos originales griegos que se creían perdidos, algunos de Aristóteles. Y como ya hemos señalado de la mano de Alberto Magno y Tomás de Aquino, que detectaron en la lógica aristotélica un enorme potencial, aparece la Escolástica que se desarrollaría en los siglos posteriores.

El pensamiento aristotélico, aunque genial para el siglo III a. C. no podía ser válido en el siglo XIII. Por ello y porque constituyó la base filosófica de la estructura social de la época, también descrita en la Divina Comedia de Dante, constituyó una barrera para el desarrollo de la Ciencia. Pero nació Roger Bacon y las cosas comenzaron a cambiar. Bacon propone, en contraste con la Escolástica, un enfoque empírico de la ciencia.

Su amigo Pedro Peregrino, en 1269, publica el primer trabajo científico sobre magnetismo, un buen ejemplo de empirismo. En una carta a un amigo explica su descubrimiento de la existencia de los polos y la razón por la que la brújula se orienta en la superficie de la Tierra enunciando las leyes que siguen los imanes. En realidad su nombre es Pierre de Maricourt y fue soldado de profesión en la cruzada del rey francés Luis IX.

La historia sigue. La aparición y el desarrollo de las ciudades hacen necesaria la construcción de edificios públicos que puedan acoger a mayor número de personas. Por otra parte la acumulación de conocimientos clásicos posibilita la exploración del mundo gótico. El paisaje adquiere una identidad diferente a la anterior, una identidad gótica como atestiguan las ciudades (**Imagen 5**).



Imagen 5. Esquema de catedral.

## El Renacimiento

A partir de este momento los acontecimientos se suceden con rapidez.

Con las excavaciones en Roma que recuperan el arte romano clásico, aparece el Renacimiento, y el hombre es situado en el centro del universo liberándose de los condicionamientos del medievo. Pero esta posición privilegiada no durará mucho, como veremos, pues la revolución científica lo situará en el sitio que le corresponde, un humilde rincón del universo.

Por tanto, el redescubrimiento de muchos textos griegos a partir de la caída de Constantinopla en 1453 y la afluencia de sabios desde Bizancio a la Europa occidental hace que afloren nuevos conocimientos. La imprenta, que se inventa a mediados del siglo XV, facilita su difusión. Así, en el tiempo de los Reyes Católicos y de Colón ya existen los libros tal como los conocemos.

Los arquitectos cambian su material de construcción, la piedra cara y difícil de transportar, por el muro de mampostería, fácil de construir y de darle forma.

## El Barroco

El periodo del Barroco también es próximo a nuestros alumnos. En España pintaba Velázquez y en Roma se estaba construyendo la Basílica de San Pedro (**Imagen 6**).

En este periodo se va a desarrollar la revolución científica. Muchos autores sitúan, por razones que luego se verán más adelante, el comienzo de la revolución científica en 1543 (Nicolás Copérnico).

En esta época se acumulan los acontecimientos y se contestan algunas preguntas que ya habían sido planteadas en el periodo clásico siendo el principal de ellos el abandono del modelo cosmológico de Aristóteles y de los principios de su física.



**Imagen 6.** La Basílica de San Pedro.

Francis Bacon, el segundo de los Bacon, introduce un giro en la forma de obtener respuestas a las preguntas científicas al establecer como único camino el del método experimental.

Los conocimientos de mecánica de Aristóteles y Arquímedes perduraron prácticamente sin variaciones mientras ocurrían tremendos cambios sociales: la caída de Roma, la invasión y conquista de los bárbaros del norte, la invasión de los árabes y la reconquista cristiana, el descubrimiento de América, etc.

Es justamente algo después de esta época, ya en el reinado de Carlos V, cuando Nicolás Copérnico publica el libro *De Revolutionibus Orbium Coelestium*. Aunque inicialmente ignorado el libro provocó, años después, la primera conmoción científica de la época, tan importante que desde entonces se conoce como **revolución** cualquier cambio o transformación radical y profunda respecto al pasado inmediato.

## La revolución científica

Cuando se leía a Cervantes y se asistía a las representaciones de las obras de Shakespeare, cuando Monteverdi componía las primeras óperas y Purcell su música, Galileo lanza la hipótesis de que las fuerzas no son necesarias para que los cuerpos se muevan, sino para que se modifique su velocidad, ya sea en su valor numérico o en su dirección.

Esta sencilla observación constituye una forma de enunciar el **principio de la inercia**, que marca el comienzo de una nueva mecánica y una nueva forma de ver el mundo.

Aceptar este principio no era sencillo para una persona ilustrada del siglo XVII. Si viajamos a esa época, a Pisa concretamente, podríamos encontrarnos entre los alumnos de Galileo observando cómo la piedra que dejaba caer desde el punto más alto de la torre impactaba justamente al pie de ésta.

Desde los tiempos de Eratóstenes, en el siglo III a. C., se conocía ya el radio de la Tierra. Como esta daba una vuelta al día, cualquier punto de su superficie se movía con una velocidad de 1666 kilómetros por hora, es decir 463 metros por segundo.

Siendo la altura de la torre de 55 metros, el tiempo que tardaría en caer la piedra sería de algo más de tres segundos. Durante este intervalo, de acuerdo con los aristotélicos, el pie de la torre y todos los estudiantes habríamos avanzado un kilómetro y medio con lo que la piedra abandonada en el espacio, habría caído a un kilómetro y medio al Este de nosotros. Al no ocurrir de esta manera, necesariamente, la Tierra tenía que permanecer inmóvil.

Pero si interpretamos el mismo experimento aceptando el principio de inercia, admitiremos que tanto la superficie de la Tierra, como nosotros, la torre de Pisa, Galileo y la piedra nos movemos a la misma velocidad: 463 metros por segundo de Este a Oeste. Por esa razón la piedra cae en la misma base de la torre.

La caída del paradigma aristotélico arrastró todo el sistema de valores vigente durante los últimos 2000 años. Esto produjo fuertes resistencias sociales, políticas y religiosas. Y es que la historia no avanza sin esfuerzo.

Actualmente todos tenemos interiorizado el principio de la inercia. Nadie se sorprende al ver cómo un niño puede botar una pelota en el interior del AVE, a casi 300 kilómetros por hora (unos 83 metros por segundo) sin que ésta se quede retrasada respecto al movimiento del tren.

La revolución científica tuvo lugar no solo en el campo de la mecánica sino también, de manera decisiva, en la astronomía de la época: el universo ya no es geocéntrico (preconcepto aristotélico).

El modelo heliocéntrico de Copérnico quedó durante un tiempo como un truco matemático para predecir el movimiento de los planetas de una manera sencilla. Sin embargo, ya en pleno Barroco, como consecuencia de esta simplificación y a partir de las observaciones de Tycho Brahe, Johannes Kepler pudo ajustar las órbitas de los planetas alrededor del Sol mediante curvas sencillas (cónicas) y enunciar sus tres famosas leyes.

En la primera, de 1609, define la forma de las órbitas de los planetas: una elipse en uno de cuyos focos se encuentra el Sol.

En la segunda (1609) y tercera (1618) se relaciona la forma de la órbita con las características del movimiento de los planetas: periodos y distancias al Sol.

Aunque Kepler murió doce años antes que Galileo, mantuvieron una importante relación epistolar en la que se daban cuenta de sus trabajos y sus descubrimientos.

A la vez que Kepler enuncia sus dos primeras leyes, Galileo utiliza sus telescopios para mirar a la Luna y al Sol. Así descubrió que nuestro satélite es tan irregular como la Tierra, con sus valles y montañas y que el Sol presentaba manchas en su superficie, lo que permitía estudiar su movimiento de rotación.

Con estos descubrimientos se desploma otro de los preconceptos aristotélicos, el de la inmutabilidad de las esferas celestes y la perfección de los cuerpos por encima de la esfera de la Luna.

En esta misma época René Descartes, gran pensador y matemático dio un paso más en el camino de la abstracción, uniendo por primera vez la geometría y la aritmética, ramas de la ciencia completamente separadas hasta ese momento.

Si en la expresión aritmética  $3 + 4 = 7$ , sustituimos el número cuatro por una letra  $x$  se convierte en la ecuación algebraica:  $3 + x = 7$

Si ahora sustituimos el número tres por otra letra,  $y$ , obtenemos:  $y + x = 7$

¿Cómo debemos manejar esta expresión? Descartes fue dando valores numéricos a la  $x$ , obteniendo los valores correspondientes para la  $y$  que satisficieran la igualdad.

Si  $x$  vale 1,  $y$  tiene que valer 6. Si  $x$  toma el valor de 2,  $y$  tiene que valer 5, y así sucesivamente. El resultado es una serie de parejas de valores:  $(0,7)$ ;  $(1,6)$ ;  $(2,5)$ ;  $(3,4)$ ;  $(4,3)$ , que alguna relación tendrían con la ecuación original.

Y Descartes, recordando las ciudades romanas (**Imagen 7**) con sus dos calles principales, Cardo y Decúmeno representó esas parejas de valores en unos ejes perpendiculares  $X$ ,  $Y$  en su honor llamados **ejes cartesianos**. Descartes advirtió que dichas parejas formaban una recta.

De la misma forma que la ecuación  $x + y = 7$  representa una recta se pueden hallar ecuaciones que representen cualquier tipo de curvas, con lo cual es posible estudiar numéricamente las formas geométricas. Ya nada sería igual en matemáticas.

El mismo año 1642 (en el calendario gregoriano) en que moría Galileo Galilei en Florencia nacía Isaac Newton (año juliano) en Inglaterra.

Robert Boyle, un joven inglés que a la sazón se encontraba en Florencia quedó impresionado por la popularidad de Galileo y la resonancia de su muerte. Boyle, junto con otros muchos, sembraron la semilla de los nuevos métodos de investigación y la nueva ciencia.

Basándose en las observaciones de Galileo, Newton admitió el principio de la inercia como el primero de sus tres principios, desarrollando la mecánica moderna.

A partir de este momento la humanidad dispone de un modelo que permite predecir el movimiento de los astros y diseñar tanto las máquinas que produjeron la revolución industrial como calcular los vuelos interplanetarios del siglo veinte.

Ha nacido la **dinámica moderna**, la ciencia que relaciona las fuerzas con las masas y los movimientos de los cuerpos.

Así mismo Newton pudo deducir las tres leyes de Kepler a partir de una nueva ley, la de la **gravitación universal**.

De acuerdo con esta ley dos cuerpos se atraen con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de su distancia. Esta ley es obedecida tanto por las manzanas que caen de los árboles como por los cuerpos celestes. Es difícil exagerar la repercusión que esta ley tuvo en el pensamiento científico.

Newton llegó más lejos que Galileo y Kepler porque, en sus propias palabras, «estaba apoyado sobre hombros de gigantes». Newton muere en 1727, cuando en España reinaba Felipe V.

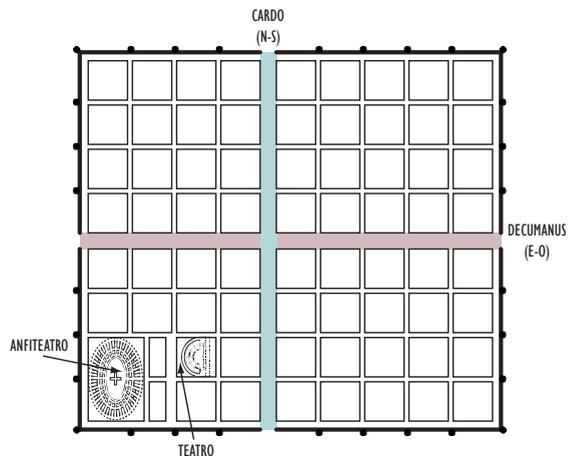


Imagen 7. Plano de una ciudad romana.

Quince años después Daniel Bernoulli deduce la ley de los gases (descubierta por Boyle), a partir del modelo molecular suponiendo que las moléculas son pequeñas bolas perfectamente elásticas, y aplicando las tres leyes de Newton.

Por tanto estas leyes no solo son aplicables a la escala planetaria y de los objetos de nuestro entorno si no también a la escala microscópica de las moléculas.

Parecía que el comportamiento del universo estaba explicado. Así caen los últimos preconceptos aristotélicos: el del «diferente comportamiento de la materia según estuviera por debajo o por encima de la esfera de la Luna», el de «la independencia

de la materia y la forma» (Bernoulli demostró que el comportamiento de los cuerpos depende solo de su composición molecular) y el del «horror al vacío» ya que el concepto de presión por choques moleculares lo explicaba

Ha comenzado una nueva época que culminaran con la revolución industrial.

Nos encontramos en plena época neoclásica, con la música de Mozart y Haydn y la pintura de Goya e Ingres.

---

### **Recursos complementarios**

La Tierra en el Universo. Museo Virtual de la Ciencia. CSIC [en línea]:  
<<http://museovirtual.csic.es/salas/universo/universo1.htm>> [consulta: Junio 2010].

---

### **Referencias bibliográficas**

ASIMOV, Isaac. *Enciclopedia biográfica de Ciencia y Tecnología*. Madrid: Alianza Editorial, 1987. 320 pp.

GOMBRICH, Ernst H. *La historia del Arte*. Londres: Phaidon Press Limited, 2008. 688 pp.

GRIBBIN, John. *Historia de la ciencia 1543-2001*. Barcelona: Crítica, 2006. 553 pp.



e-ISBN: 978-84-00-09296-2



© CSIC - © del autor e autores - copia gratuita personal 978-84-00-09296-2