

n.º 6

# Serie

## El CSIC en la Escuela

Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE ECONOMÍA  
Y COMPETITIVIDAD



**CSIC**

Fundación **BBVA**





n.º 6

# Serie

## El CSIC en la Escuela

Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula

---

# **SERIE EL CSIC EN LA ESCUELA, N.º 6**

## **DIRECCIÓN:**

*Director:* José M.<sup>a</sup> López Sancho (CSIC)

*Vicedirectora:* M.<sup>a</sup> José Gómez Díaz (CSIC)

*Directora Adjunta:* M.<sup>a</sup> del Carmen Refolio Refolio (CSIC)

## **EDITOR:**

Esteban Moreno Gómez (CSIC)

## **COMITÉ DE REDACCIÓN:**

**Coordinadora:** M.<sup>a</sup> José Gómez Díaz (CSIC)

José Manuel López Álvarez (CSIC)

Salomé Cejudo Rodríguez (CSIC)

Alfredo Martínez Sanz (Colaborador de El CSIC en la Escuela)

### **Comité asesor del presente volumen:**

Maribel Ganaza Vargas (Sevilla, Andalucía)

José Luis Lozano Romero (Castilleja de la Cuesta, Andalucía)

Carmen Ortiz Gálvez (Málaga, Andalucía)

Consuelo Palacios Serrano (Castilleja de la Cuesta, Andalucía)

Trinidad Sánchez Barrera (Alcalá de Guadaira, Andalucía)

## **COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR:**

**Presidente:** Martín Martínez Ripoll (CSIC)

Gerardo Delgado Barrio (CSIC)

Enrique Gutierrez-Puebla (CSIC)

Jaime Julve Pérez (CSIC)

M.<sup>a</sup> Ángeles Monge Bravo (CSIC)

Pilar López Sancho (CSIC)

Almudena Orejas Saco del Valle (CSIC)

María Ruiz del Árbol (CSIC)

Javier Sánchez Palencia (CSIC)

Inés Sastre Prats (CSIC)

Pilar Tígeras Sánchez (CSIC)





n.º 6

# Serie

## El CSIC en la Escuela

Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
MADRID, 2012



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

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

*Catálogo general de publicaciones oficiales:*

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

Para publicar en *Serie El CSIC en la Escuela*:

<http://www.csicenlaescuela.csic.es/publicaciones.htm>



Fundación **BBVA**

© CSIC

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

e-ISBN (n.º 6): 978-84-00-09454-6

e-NIPO: 723-12-034-7

Diseño, maquetación e ilustraciones: Alejandro Martínez de Andrés

---



# ÍNDICE

Diario de una disolución <i>S. Torreblanca</i> .....	7
¿Se evapora el azúcar disuelto en agua? <i>M.ª I. Rodríguez</i> .....	15
A los tres años también se investiga <i>C. M.ª Castro, L. Guerrero, R. Sánchez-Malo, I. Martínez, R. M.ª Castillo, A. Sanz y M.ª I. Ganaza</i> .....	23
¿Nos atraen los imanes? <i>M.ª L. Barranquero</i> .....	34
La luz blanca <i>C. Gálvez</i> .....	41
El espectro de colores <i>M. Pozo</i> .....	55
Taller de ciencias: investigo... con los imanes <i>M.ª del C. Acosta, M. de la Torre, E. Ridaura, N. Vázquez y R. Vela</i> .....	70
Los «dominios» infantiles <i>M.ª J. Martín y L. Mata</i> .....	83
Azúcar, algo más que un dulce <i>E. I. Fernández y B. Rojas</i> .....	91
Breve historia de la máquina de vapor <i>E. Moreno y J. M.ª López</i> .....	104



# Diario de una disolución

## Susana Torreblanca Díaz

Maestra del CEIP Maruja Mallo. (Alhaurín de la Torre, Málaga). Andalucía

---

### Palabras clave

Experimento, investigación, evaporación, disolución, moléculas.

---

### Resumen

Marta, alumna de Infantil de 5 años, nos describe en su diario y desde su punto de vista un experimento científico que ha tenido lugar en su clase, donde han disuelto azúcar en agua y nos desvela con toda su gracia e inocencia el proceso de adquisición de conceptos como molécula, disolución, experimentos, evaporación,... a los que ella y sus compañeros han llegado.

---

## Desarrollo de la experiencia

### Martes 11 de enero de 2011

Querido diario: soy Marta, tengo 5 años y estoy en Infantil en el cole Maruja Mallo de Alhaurín de la Torre (Málaga) y somos en clase 13 niñas y 13 niños, por lo que si las cuentas no me salen del todo mal, somos 26 en total. Mi seño dice que somos muchos pero a mí no me lo parece, así tengo más amigos con los que divertirme, ¿no crees? Y también dice que somos de una clase económica media-alta, nuestras familias ayudan a que siempre tengamos los recursos suficientes para el aula.

Mi seño se llama Susana y viene muy ilusionada a clase últimamente, nos dice que quiere que aprendamos CIENCIA; ¿y eso qué será?, y claro, nos ha hecho preguntas raras como: ¿qué son los científicos? Jo, a saber. Jaime que es muy listo ha dicho: «pues son las personas que arreglan las cosas», y Eva dice: «que son los que llevan batas blancas como los doctores», y Jacqueline que: «están un poco locos porque en un programa de la tele sale un científico loco», pues yo creo que no, que los científicos no están locos, no sé muy bien en que trabajan pero suena a algo muy serio e importante, hemos investigado en el ordenador del cole para salir de

dudas y hemos aprendido que los científicos son personas que estudian, investigan y realizan descubrimientos en la Ciencia y en la Naturaleza, y que utilizan métodos científicos como los que vamos a utilizar nosotros para hacer el gran experimento, eso dice la seño, que vamos a hacer un gran experimento científico ¡Jo, qué chuli! ¡Ya quiero saber cuál es! Además, nosotros ya somos un poco científicos porque hemos hecho experimentos mezclando pinturas de colores y mezclando olores de colonias.

Lo que sí sé es que tenemos dos tarros de cristal que nos ha comprado una mamá de la clase, azúcar, agua y un bote para medir. Bueno, diario, mañana te cuento más.

## Miércoles 12 de enero

Hoy es el gran día, yo estoy hasta nerviosa, ¿tendremos que hacer magia? Eso sería divertido, la mamá de Eva también ha venido hoy a clase porque nuestra seño no tiene peso de pesar azúcar y ella sí. Y todo listo y preparado para el gran experimento.

Yo ya me he aprendido lo que hemos hecho, te lo cuento, querido diario.

Tenemos dos tarros de 500 ml cada uno, a uno le echamos 250 ml de agua y al otro también (**Imagen 1**).



**Imagen 1.** Los tarros del experimento.

Ahora, pesamos el azúcar: 125 grs. Bueno, en verdad nos ayuda la mamá de Eva, a ella también le está gustando nuestro experimento. Y la echamos en uno de los dos tarros que tenemos con agua (**Imagen 2**).

¡Listo! Ahora hay que mover bien el azúcar en disolución, como nos dice nuestra seño, hemos aprendido esa palabra nueva y me encanta repetirla, Seño, ¿me dejas mover un poquito el azúcar en disolución?



**Imagen 2.** Pesamos el azúcar y la vertemos en el agua.

**JORGE.**— No des tan fuerte, Carmen, que el azúcar se va a marear.



**IVÁN.**— ¿Cómo se va a marear? Si el azúcar no es ninguna persona, anda que lo que has dicho...

**CARMEN.**— Pues no habléis que no me concentro en esta disolución.

**PACO.**— Venga, Marina, que yo también quiero mover el azúcar «disolvida».

**PAULA.**— Que no, que se dice «agua en disolución».

**MARINA.**— Mira, mira, el azúcar está desapareciendo.



**Imagen 3.** Dos tarros, uno con azúcar disuelto.

Y, la mamá de Eva también nos ayuda a mover el azúcar, parece que estamos haciendo un cola-caó para desayunar y yo estoy muy atenta porque de repente parece que el azúcar se ha ido. Sí, de verdad, yo estoy ahí delante mirando fijamente y no ha hecho trampas, el azúcar ya no se ve.

Eso sí, yo soy muy lista y me estoy dando cuenta de que en un tarro ahora hay un poco más de agua que en el otro. ¿Se habrá convertido el azúcar en agua? (**Imagen 3**)

Bueno, pensándolo mejor, eso es muy difícil ¿Por qué no se ve entonces el azúcar? Gran pregunta que nos hace nuestra seño y contestamos:

**EVA.**— No se ve porque está con agua.

**ÁLVARO.**— Pues yo sí los veo, veo puntitos muy chiquititos blancos.

**DANI.**— No, no se ve porque el azúcar se convierte en granos chiquititos, como muy pequeñitos, como transparentes.

**LUNA.**— Es que a mí me parece que los granitos de azúcar se han separado y nadan cada uno por su lado y nuestros ojos no lo ven.

**JACQUELINE.**— Álvaro sí los puede ver porque le han puesto gafas nuevas.

**IVÁN.**— No, no se ven porque son «granitos» de azúcar y se ponen muy pequeñitos y nuestros ojos no pueden verlos.

**VÍCTOR.**— Seño, y ¿si no la vemos porque se ha ido a las nubes como el agua cuando se calienta?

**SEÑO.**— Bueno, ¿cómo podríamos comprobar que el azúcar no se ha ido a las nubes como dice Víctor y sigue en el agua?



**Imagen 4.** Probamos el agua de los tarros.

Vaya, ahí la seño, hizo una buena pregunta, después de estar un rato dialogando sobre todo esto decidimos que la mejor solución era probar el agua de los dos tarros y si alguno estaba dulce era porque el azúcar se había quedado en él, aunque nosotros no pudiésemos verla y no se había ido a las nubes como decía Víctor (**Imagen 4**).

ÁLVARO.— Umn... Este tarro de aquí sí que tiene azúcar, porque está rico.

JORGE.— No te chupes toda el agua a ver si nos vamos a quedar sin azúcar.

ÁLVARO.— Pues este otro no sabe a nada. Anda, pues entonces solo tiene agua.

MARINA.— Pues claro, solo le hemos echado azúcar a uno de los dos tarros, el que dices que está rico.

Todos probamos el agua de los dos tarros y asunto concluido: estamos de acuerdo en que el azúcar seguía allí en el vaso con el agua aunque no se veía. El porqué no se ve, no nos quedó tan claro o por lo menos a mí, pero si estamos todos de acuerdo en que el azúcar se ha tenido que convertir en algo muy pequeño, tan pequeño que nuestros ojos no pueden verlo, ni siquiera Álvaro con sus gafas nuevas.

Bueno, qué día tan interesante y ya es casi la hora de irnos a casa y nos pregunta nuestra seño: ¿cómo podemos recuperar el azúcar del tarro?

Pues vaya la preguntita, si el azúcar ya se ha mojado y se ha hecho muy pequeñita, ahora, ¿cómo quiere la seño que vuelva?

EVA.— Es que, seño, ya es imposible, porque ya se ha mojado.

IVÁN.— Pues yo creo que imposible no es.

JACQUELINE.— Pues listo, cuéntanos cómo.

IVÁN.— No sé, creo que si tiramos el agua al suelo podríamos con las manos juntar el azúcar.

SEÑO.— A ver, ¿qué es lo que queremos recuperar?

DIEGO.— El azúcar.

SEÑO.— Eso es, entonces ¿qué es lo que queremos que desaparezca del tarro?

MARTA.— Claro, el agua, pero eso es muy difícil.

SEÑO.— Venga, ¿hoy qué le ha pasado a Aitor en los pantalones?

AITOR.— Se me han mojado pero solo un poco.

SEÑO.— Y... la seño ¿qué ha hecho para que el agua de sus pantalones se «evaporase»?

PAULA.— ¿Evapo...? ¿Qué?

SEÑO.— Evaporarse. Que esa agua se vaya a otro sitio.

ADRI.— Yo sé, le has secado con el secador y ya sus pantalones no están mojados.

SEÑO.— Eso es, ¿y cómo es el aire que sale del secador?

ADRI.— Calentito, le has puesto calor.

PAULA.— Sí, como en algunos cuartos de baño que hay una máquina que echa aire caliente para secarte las manos mojadas.

SEÑO.— Entonces, ¿qué pondremos a los tarros para que el agua se vaya a otro sitio y recuperar el azúcar?

TODOS.— Calorcito.



**VÍCTOR.**— El sol da calor, ¿y si lo ponemos al sol?

**SEÑO.**— Buena idea.

Y, antes de irnos a casa dejamos los dos tarros al sol (**Imagen 5**).

## Jueves 13 de enero

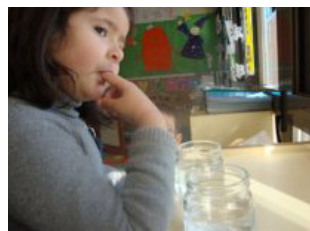
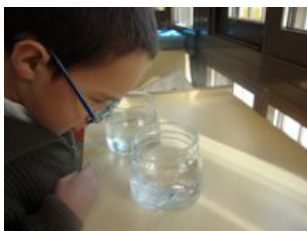
Hoy, lo primero que hicimos todos fue irnos a los dos tarros a ver si el agua se había ido, lo comprobamos uno a uno, pero qué rollo, el agua seguía allí y eso que dejamos las persianas abiertas para que el sol pudiese entrar en clase.



**Imagen 5.** Dejamos ambos tarros al sol.

Aitor comprueba que el agua no se ha ido, sigue allí y Paula es la que se encarga de probar los dos tarros para saber si por casualidad el azúcar había desaparecido, y no, el azúcar también seguía allí, en uno de los dos tarros, el que estaba más dulce y rico (**Imagen 6**).

Pues nada, hoy no tenemos nada que hacer, pero como hace frío y tenemos el radiador puesto en clase, se nos ha ocurrido poner los tarros allí y así están más calentitos, porque ha empezado a llover y no hay sol.



**Imagen 6.** El agua aún no se ha evaporado y uno de ellos sigue sabiendo dulce.

¡Qué idea tan chuli! ¡Así mañana seguro que el agua ha desaparecido! ¡Ya tengo ganas de ver qué pasa!

## Viernes 14 de enero

Hoy ya es viernes y volvemos con ganas de ver qué ha pasado (**Imagen 7**).

**JAIME.**— Pues sí que el agua está desapareciendo, pero todavía queda un poco.

**CARMEN.**— Mira, este tarro tiene más agua que el otro, ¿será el que tiene el azúcar?



**Imagen 7.** Cada vez queda menos agua.

**LUNA.**— Pues eso se prueba, sí, qué rico aquí está el azúcar.

**JAIME.**— El que tiene solo agua le queda muy poquito para que desaparezca del todo.

Y claro, nos vamos a casa a pasar el fin de semana sin saber qué pasará con el agua y el azúcar. Volvemos a dejar los dos tarros en el radiador de clase.

## Lunes 17 de enero

¡Bien! El tarro que tenía solo agua nos lo hemos encontrado vacío. ¡Qué chulí! En verdad todos estamos muy contentos, el agua seguro que se ha ido a las nubes y nosotros todavía estamos que no nos lo creemos ¡Es divertido y emocionante hacer ciencia! (**Imagen 8**).

Al otro tarro, sin embargo, todavía le queda agua, aunque un poco extraña.

**JACQUELINE.**— ¡Qué agua tan rara!

**PAULA.**— Mira, parece hielo.

**CARMEN.**— Es verdad, está muy blanco. Seguro que el azúcar se ha convertido en hielo dulce.

**SEÑO.**— ¿Por qué creéis que es hielo?

**PAULA.**— Creo que es hielo porque es agua dura, pero en verdad el hielo si se derrite con el calorcito se convierte en agua. Y el azúcar si se derrite en azúcar. No sé, entonces no es hielo.

Estamos descubriendo grandes cosas, como que con el calor el agua del tarro que no tenía azúcar ha desaparecido, no sabemos dónde, pero seguro que a las nubes porque hoy está lloviendo. ¡Anda! Seguro que el agua que cae de las nubes es el agua que nosotros pusimos en el tarro. El tarro que tenía el azúcar ahora está más vacío pero sigue teniendo agua, es que se le ha formado una capa dura encima que parece hielo, la hemos roto con una cuchara y hemos movido lo que había dentro, eso sí, antes comprobamos que estaba dulce, el azúcar no se había ido a las nubes, seguía allí.



**Imagen 8.** Uno de los tarros se ha evaporado, el otro tiene un agua «rara».

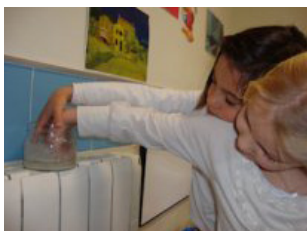


Lo colocamos de nuevo en el radiador y mañana veremos qué vuelve a pasar.

## Martes 18 de enero

Hoy soy yo junto con Lucy la que se encarga de probar el agua que aún queda

en el tarro, antes hemos tenido que moverla con una cuchara porque se pone una capa arriba muy dura como el hielo y ¡qué rica! ¡Está más rica que nunca! Seño, cada día que pasa esto está más bueno, más dulce y más dulce. Claro, como el agua se va, va quedando el azúcar (**Imagen 9**).



**Imagen 9.** Cada vez queda menos agua y es más dulce.

## Miércoles 19 de Enero

¡Por fin llegó el gran día! El agua ha desaparecido del todo y nos encontramos el azúcar en el tarro, estamos muy contentos y asombrados, el agua se ha ido.

Lo primero que hace la seño es repartirnos un poquito de ese azúcar para comprobar que era dulce y no se había convertido en otra cosa, y sí, todos pudimos tocar el azúcar que metimos en el tarro con el agua, no era como el azúcar seco, estaba un poco pegajoso pero si lo frotábamos, se separaban los granitos, ¡anda! ¡Qué gran experimento hemos hecho! (**Imagen 10**).

**SEÑO.**— Y ahora ¿quién sabe decirme por qué el azúcar no ha desaparecido y el agua sí?

**MARINA.**— porque el azúcar no puede desaparecer en el aire solo desaparece si nos la comemos.

**ADELA.**— Pero, en el tarro no se veía, había desaparecido.

**IVÁN.**— No, no había desaparecido porque nosotros la probábamos y sabíamos que estaba allí, lo que pasa es que los granitos se habían separado y se habían puesto muy chiquititos y nuestros ojos no podían verlos.



**Imagen 10.** Repartimos el azúcar que ha quedado en el tarro.

**ADRIÁN.**— Si, además el agua con el calor se convierte en bolitas pequeñas que nuestros ojos no ven y se van a otros sitios volando por el aire y el azúcar no puede volar por el aire, el agua sí. De las nubes no cae azúcar, cae agua.

**SEÑO.**— Pues a esas bolitas tan pequeñas que nosotros no podemos llegar a ver las llamamos moléculas. Y el azúcar también está compuesto por moléculas.

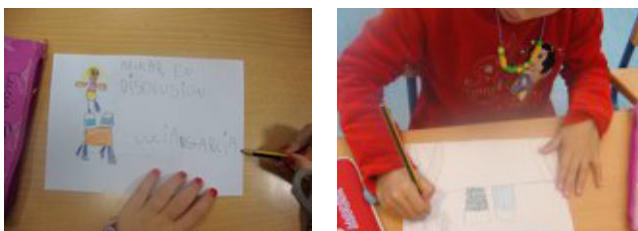
Y, después de todo el gran experimento, nos pusimos a dibujar el azúcar en disolución. La verdad es que ha sido divertido y ya tenemos ganas de hacer otro experimento nuevo (**Imagen 11**).

## Anotaciones de la Seño

Querido diario de Marta, la verdad es que la experiencia ha sido muy positiva, los niños y niñas de la cla-

se han estado muy pendientes de todo el proceso y con muchas ganas de aprender. Han podido aprender conceptos nuevos como: molécula, disolución o evaporación. Había algunos niños, unos dos o tres, que ya sabían un poco mas del asunto, porque son muy despiertos y vivos y preguntan mucho en casa y ya sabían algo, pero el resto nada de nada.

Después de todo el proceso me siento muy satisfecha de poder comprobar que la gran mayoría ha incorporado en su vocabulario palabras como las anteriormente referidas, exceptuando a tres niños, uno de necesidades educativas especiales, que, aunque no han asimilado los conceptos, si han participado en lo propuesto y se han divertido con el resto de compañeros. En fin, Marta se alegrará de tener recogido todo en este diario y cuando sea mayor podrá volver a leerlo y saber cómo aprendió y de qué bonita manera: «el azúcar en disolución». Hasta siempre.

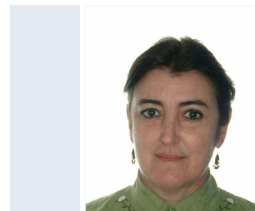


**Imagen 11.** Representamos el experimento y lo que hemos aprendido.

# ¿Se evapora el azúcar disuelto en agua?

**M.<sup>a</sup> Inmaculada Rodríguez Martínez \***

*Maestra del CEIP Atenea (Torremolinos, Málaga). Andalucía*



---

## Palabras clave

Molécula, disolución, evaporación, infantil, ciencia.

---

## Resumen

El experimento consiste en descubrir si se evapora o no el azúcar que está disuelto en agua. Para ello, la compararemos con agua normal y esperaremos a ver qué ocurre.

Estaremos muy atentos al procedimiento: anotando los elementos que necesitemos, todo lo que vayamos observando, las hipótesis sobre lo que creemos que va a pasar y los resultados de nuestra investigación.

Nos imaginaremos qué ocurre con las moléculas y nosotros/as mismos nos convertiremos en ellas, es decir, nos haremos pequeños/as, muy pequeños/as, muy pequeños/as.

---

## Quiénes somos y qué sabemos

Nuestro grupo lo formamos niños y niñas de 5 años, en un colegio de Torremolinos, en la provincia de Málaga. Vivimos muy cerca de la capital, al lado del mar (**Imagen 1**).

Nuestras familias pertenecen a una clase media, nuestros padres y madres trabajan en distintos sectores: sanidad (médicos, enfermeras, farmacéuticos,...) abogados, hostelería, servicios,... Colaboran mucho con nosotros/as a la hora de buscar y aportar información de



**Imagen 1.** Clase que llevó a cabo la investigación.

.....  
\* E-mail de la autora: reimaruchi@wanadoo.es.

casa. Gracias a ellas (familias), a nuestras «seños» y a vosotros/as, científicos del CSIC, hemos aprendido muchas cosas, ya que nuestro primer proyecto de este año ha sido, precisamente, «EL AGUA». Por lo tanto, conocemos mucho sobre ella: características, estados en que se encuentra en la naturaleza, dónde podemos encontrarla, su ciclo, utilidades, y, sobre todo, cómo cuidarla, que es muy importante para la vida.

Sabemos también algo sobre las moléculas. Al principio esa palabra nos sonaba rara, pero, como nos gusta aprender de todo, ya nos resulta familiar.

## Proceso del experimento

### Disolución del azúcar

#### Necesitamos:

- |                                                |                                                     |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| • Una jarra graduada con 500 ml de agua.       | • 2 botes de cristal transparente que cierren bien. |
| • Una balanza para pesar 125 gramos de azúcar. | • 2 recipientes de plástico anchos e iguales.       |

### Procedimiento

Una vez medida la cantidad de agua necesaria para nuestro experimento (500 ml), y pesada el azúcar (125 gr), repartimos el agua en los dos botes de cristal, de manera que los dos tengan la misma cantidad de agua. Vertemos el azúcar en uno de los botes, lo cerramos bien y observamos (**Imagen 2**).

**MAESTRA.**— ¿Qué ha pasado?

**R.**— Se ha ido abajo porque el azúcar se hunde.

— Porque pesa mucho.

— El bote con el azúcar es más alto porque le

hemos echado el azúcar. Si le echo al otro bote la «misma azúcar» serán iguales.

**MAESTRA.**— ¿Qué creéis que pasará si agitamos el bote con azúcar?

**R.**— Que el agua se queda blanca.

— Que el azúcar se disuelve.

**MAESTRA.**— ¿Qué quiere decir eso?

**R.**— Que se mezcla con el agua.



**Imagen 2.** Inicio del experimento.





Empezamos a mover el bote, bien cerrado, hasta que el azúcar ya no se ve.

**MAESTRA.**— ¿Se ve el azúcar?

**R.**— El azúcar está disuelto en el agua y no se ve.

**MAESTRA.**— ¿Dónde está el azúcar?

**R.**— Yo creo que «el agua es el azúcar». (Saúl)

— El azúcar está pegada en la tapadera, porque se pudiera haber evaporado con un poquito de agua y se ha quedado pegada en la tapadera. (Maribel)

— No se ve porque se ha disuelto en el agua. (Julieta)

Observamos los dos botes:

**MAESTRA.**— ¿Son iguales ahora?

**R.**— El bote que tiene azúcar está más lleno que el otro.

**MAESTRA.**— ¿Tienen el mismo color?

**R.**— No, el del azúcar está más amarillo.

**MAESTRA.**— Pero, ¿son transparentes?

Algunos dicen que no y lo comprobamos mirando nuestras manos a través del bote de cristal. Llegamos a la conclusión de que es transparente como el agua.

**MAESTRA.**— ¿Entonces cómo sabemos que el azúcar está ahí si no la vemos?

Les cuesta trabajo responder a la pregunta. Hasta que por fin.

**R.**— Si metemos el dedo en el agua y probamos sabemos si tiene azúcar (**Imagen 3**).

**MAESTRA.**— Decidme ¿qué ha pasado?

**R.**— Que el azúcar se ha disuelto en el agua.

**MAESTRA.**— ¿De qué está hecha el agua? (recuerdan

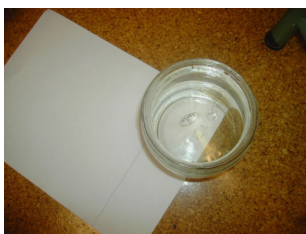
perfectamente y, sin dudar, que está formada por pequeñas moléculas de agua y que tienen forma de esferas, «bolitas»)

**MAESTRA.**— Y el azúcar, ¿de qué estará hecho?

**R.**— ¿De polvitos blancos? (Julieta)

**MAESTRA.**— Está hecha igual que el agua.

**R.**— ¡De moléculas de agua!



**Imagen 3.** Comprobamos que el agua tiene azúcar.

**MAESTRA.**— Si estuviese hecha de moléculas de agua, sería agua, no azúcar.

¿Recordáis qué tenía la molécula de agua?

**R.**— Un oxígeno y dos hidrógenos. (Lucas)

**MAESTRA.**— Pues la molécula de azúcar tiene otros átomos distintos, como uno que se llama carbono.

Todas las cosas están formadas por moléculas: la mesa, el papel, el aire, nosotros.

Empiezan a enumerar objetos como si hubieran descubierto un mundo nuevo, interiorizándolo en forma de moléculas.

**MAESTRA.**— Claro, las moléculas no se ven porque son muy pequeñas. Pero sabemos que están ahí, porque habéis probado el agua y sabe dulce.

**MAESTRA.**— (Sigo el interrogatorio) ¿Os acordáis en qué estado está el agua?

**R.**— Sí, líquido. (Noah)

**MAESTRA.**— ¿Y cómo estaban las moléculas?

**R.**— Juntas, y se mueven.

(Cristina)

**MAESTRA.**— Y el azúcar, ¿en qué estado se encuentra?

**R.**— Sólido. (Antonio)

**MAESTRA.**— ¿Y cómo estarán sus moléculas?

¿Igual que las del agua?

**R.**— Estarán muy juntitas

y se mueven muy despacio. (Laura)

**MAESTRA.**— Pues lo que ha pasado es que las moléculas de agua han separado a las moléculas de azúcar, que estaban todas muy pegaditas, y ahora se han mezclado con las de agua. Por eso no se ve el azúcar.

Se me ocurre, en ese momento, comparar los granitos de azúcar con los granitos de arena de la playa. Tenemos en clase, porque los utilizamos para anteriores experimentos (**Imagen 4**).

**MAESTRA.**— ¿El agua también separará las moléculas de arena?

**R.**— Algunos dicen que sí y otros que no.

Observamos atentamente y vemos que tienen una textura parecida, la arena está hecha de pequeños granitos, igual que el azúcar. ¿Se disolverá también?

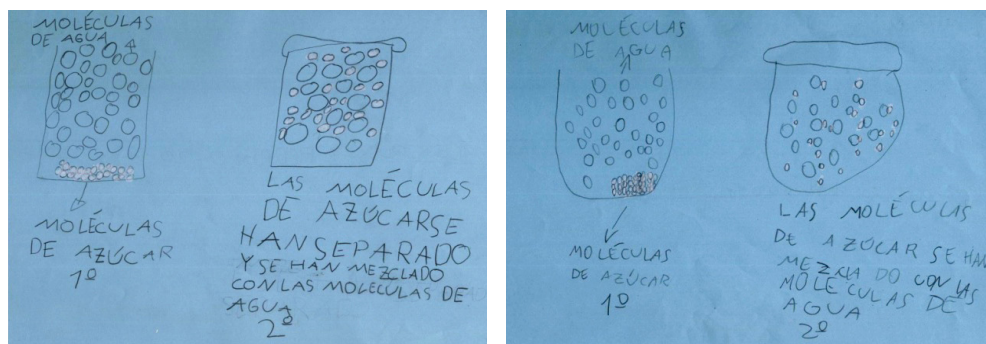


**Imagen 4.** Comparamos granitos de arena con los de azúcar.

Mezclamos con agua y removemos:

Pues no, no se ha mezclado.

Dibujamos entonces la disolución del azúcar (**Imagen 5**).



**Imagen 5.** Representación de la disolución por Isabel y Laura.

Ahora, Maribel explica el experimento:

Había dos botes con la misma cantidad de agua. Isabel echa azúcar en un bote y Helena lo remueve. Julieta dice que hay más agua en el bote que tiene azúcar.

El azúcar se ha disuelto con el agua y sigue ahí dentro, pero no se ve, y se ha vuelto transparente el azúcar.

Hemos aprendido que el azúcar está hecho de moléculas y tienen forma de esferas (bolitas).

Las moléculas de azúcar están muy juntitas y, cuando están al lado de las del agua, se separan, eso quiere decir que se disuelven.



**Imagen 6.** Escribimos el experimento.

Anotamos lo que hemos ido haciendo, cada uno/a como sabe (**Imagen 6**). Luego, lo leen a sus compañeros/as.

## ¿Evaporación del azúcar?

Ya tenemos todo listo para nuestro experimento. Ahora vertemos los dos líquidos en dos recipientes de plástico iguales (**Imagen 7**).

**MAESTRA.**— ¿Qué creéis que va a pasar ahora con el agua?

**R.**— El agua se va a evaporar. (César señala al recipiente que solo tiene agua)

Todos están de acuerdo, porque ya lo hemos hecho en otras ocasiones. La evaporación del agua la tienen clara.

**MAESTRA.**— Y aquí ¿qué va a pasar? (Señalo el recipiente con la disolución de azúcar)

**R.**— El agua y el azúcar se evaporarán. (Laura)

— El agua se va a evaporar con el azúcar y cuando se separen las moléculas de azúcar y de agua, unas se van por la ventana y otras se quedan aquí. (Maribel)

**MAESTRA.**— Entonces, ¿el azúcar se va a evaporar también?

**R.**— Sí, al aire. (Maribel)

Pregunto uno a uno qué creen que va a ocurrir:

**JULIETA.**— El agua y el azúcar se van a ir al aire.

**NOAH.**— El agua se va a evaporar y el azúcar se va a quedar ahí (señala el recipiente). Alejandra opina lo mismo.

**VICTORIA.**— Un poquito de agua se queda ahí y otro poquito se va al aire.

**LOURDES.**— El agua se va a evaporar con el azúcar y el agua va a dejar «restitos» blancos.

**MARCO, ELOY, IVÁN, SAÚL.**— El agua y el azúcar se evaporan.

**CRISTINA.**— Se evaporarán las dos y estarán en el aire.

**RAÚL.**— Se va a ir para arriba todo.

**MARIBEL.**— El agua que está sola se va a «esfumar» del cacharro.

En resumen, todos, excepto dos, opinan que el agua y el azúcar se evaporarán juntos. Solo Noah y Alejandra opinan que el azúcar se quedará en el recipiente.



**Imagen 7.** Desarrollo de la experiencia.



**MAESTRA.**— ¿Os acordáis del vaso con agua que dejamos colocado encima de la estantería? ¿Tardó mucho o poco en evaporarse?

**R.**— Mucho, por lo menos una semana. (Alejandra)

**MAESTRA.**— (Sonríe, porque tardó mucho más). No podemos esperar mucho tiempo, ¿cómo podríamos hacer para que se evaporara antes?

**R.**— Hay que ponerlo en la sombra. (Cristina)

— No, en el Sol, en el Sol. Ahí fuera (Dicen todos/as señalando el patio trasero que tenemos en la clase).

**MAESTRA.**— Pero, en el jardín hay bichitos que caerían al agua o pajaritos que se la pueden beber y nos fastidiarían el experimento.

**R.**— Pues ponla en el suelo, al lado de la puerta (donde da más Sol).

Ya relacionan la temperatura con la evaporación más rápida.

**MAESTRA.**— Bueno, creo que los pondré en el calefactor que hay en la clase.

Todos están de acuerdo y esperan los resultados.

## Resultados del experimento

Después de una semana de observación, todo estaba clarísimo. El agua había desaparecido de los recipientes y en uno de ellos solo quedaba el azúcar, no como la habíamos echado (como pequeños granitos), pero era evidente que se había quedado ahí (**Imagen 8**).

Por supuesto, Noah y Alejandra se pusieron muy contentos, al ser ellos los que habían acertado con su hipótesis.



**Imagen 8.** El azúcar tras la evaporación del agua.

Todos/as pudimos comprobar, al tocar, que el azúcar se rompía en cristallitos y los dedos quedaban un poco pegajosos.

Escribimos por grupos de trabajo nuestro experimento. Uno del grupo escribe y los demás, dictan y observan cómo lo va escribiendo el/la encargado/a de hacerlo.

Terminamos nuestro trabajo con un juego en que todos/as nos convertimos en moléculas, unas de azúcar y otras de agua.

Las moléculas de azúcar se encuentran muy apretaditas en el centro del corcho hasta que llegan las de agua y las sacan a bailar. Todas bailan mezcladas unas con otras, pero llega el momento de la evaporación, y las moléculas de agua dejan de bailar y se suben a las sillas (**Imagen 9**).



**Imagen 9.** Jugamos a ser moléculas.

Aquí concluye nuestra investigación, no sin antes pararnos a pensar por un momento: ¿a qué sabría la lluvia si se hubiera evaporado el azúcar? ¿Y si se evaporara la sal del mar? ¿Y si se evaporaran también nuestras pinturas? ¿De qué color sería la lluvia entonces?

## Agradecimientos

En primer lugar a mis alumnos/as por el entusiasmo que ponen a la hora de aprender y porque gracias a ellos/as todos los días aprendo cosas nuevas. También a sus familias, siempre tan colaboradoras.

A mi compañera de nivel, Nieves Dionisio, porque me ha introducido en la metodología constructivista y me animó para que, juntas, hiciésemos el curso de El CSIC en la Escuela.

A Carmen Ortiz Gálvez, asesora de formación del CEP de Málaga, por poner a mi disposición todo el material y ayuda necesarios para llevar a cabo esta investigación.

---

## Referencias bibliográficas

El CSIC en la Escuela. Formación del profesorado [en línea]: <http://www.csicenlaescuela.csic.es/> [consulta: enero y febrero 2011].

LÓPEZ SANCHO, José María; GÓMEZ DÍAZ, María José; REFOLIO REFOLIO, María del Carmen; LÓPEZ ÁLVAREZ, José Manuel. *Descubriendo las moléculas: un proyecto para el aula*. Material Didáctico. Madrid: Comunidad de Madrid. Consejería de Educación. Dirección de orientación académica. 2006. 200 pp.

## A los tres años también se investiga

**Carmen M.<sup>a</sup> Castro Bazán, Leocadia Guerrero Mañas, Rocío Sánchez-Malo Zoyo, Inmaculada Martínez Roda, Rosa M.<sup>a</sup> Castillo Santiago**

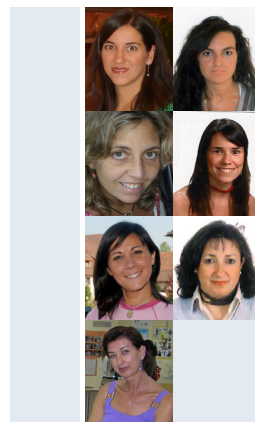
*Maestras del CEIP Maestro José Fuentes (Sevilla). Andalucía*

**Azucena Sanz Yagüe**

*Delegación Provincial de Educación de Sevilla*

**y María Isabel Ganaza Vargas\***

*Centro de Profesores de Sevilla*



---

### Palabras clave

Imán, polo norte, polo sur, campo magnético, brújula, educación infantil.

---

### Resumen

El aprendizaje científico es un proceso que nace de la curiosidad natural por conocer y comprender los fenómenos que nos rodean. Los niños y las niñas pequeñas sienten la misma curiosidad hacia el mundo que tienen a su alrededor que la que pueda sentir cualquier adulto, por eso, hace nueve años, decidimos trabajar la ciencia en la etapa de Educación Infantil como un elemento importante dentro del currículo. La idea no es transmitir a los niños y niñas información o conocimientos científicos, sino proporcionarles experiencias significativas y sugerentes en relación con fenómenos o procesos del mundo físico y natural que les rodea que les permitan entender aspectos presentes en su vida cotidiana. Para ello, cada curso, establecemos un tema y, sobre él, diseñamos y secuenciamos una serie de experimentos o actividades científicas siguiendo un esquema: presentamos unos materiales seleccionados, lanzamos un reto (¿qué es esto? ¿para qué sirve? ¿qué pasa si...?), animamos al alumnado a que elabore sus teorías y exprese sus ideas, comprobamos dichas teorías (observamos, manipulamos, experimentamos...) y sacamos conclusiones. Este año hemos decidido trabajar los imanes, sus propiedades y las leyes fundamentales del magnetismo, y ver si los niños y niñas de 3 y 5 años son capaces de llegar a comprender el modelo de dominios magnéticos.

---

## ¿De dónde venimos?

¡Pues sí! Aun a riesgo de levantar suspicacias y, sabiendo que más de uno habrá levantado la ceja en actitud benevolente al leer el título de este artículo, nos atre-

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

vemos a afirmar con rotundidad que, en las aulas de Educación Infantil 3 años, no solo se investiga sobre temas científicos, sino que se consiguen unos resultados asombrosos que, difícilmente se alcanzarían a esta temprana edad de otra forma.

Son ya nueve los años que llevamos desarrollando proyectos científicos con niños de Infantil en distintos colegios. La idea surgió como consecuencia de la iniciativa de varios de asesores del Centro de Profesores de Sevilla que transmitieron a un grupo de maestros y maestras su ilusión por intentar poner en marcha una Feria de la Ciencia en esta localidad como respuesta a la necesidad, cada vez más reconocida por instituciones públicas y privadas, nacionales e internacionales, medios de comunicación y personalidades de todos los ámbitos, de divulgar la ciencia a todos los miembros de la sociedad. Se constituye así, en el año 2003, la Sociedad Andaluza para la Divulgación de la Ciencia (SADC), formada por maestros y maestras de Educación Infantil, Primaria y Secundaria, así como por personas interesadas en la comunicación y enseñanza de las ciencias, y aparece el proyecto «Ciencia viva, Ciencia compartida», que tiene como finalidad crear un espacio educativo que permita el intercambio, la divulgación y la comunicación de conocimientos científicos a la ciudadanía, en la que los actores-divulgadores sean los alumnos y alumnas de los centros educativos que voluntariamente participen en el proyecto.

Afortunadamente, en este proyecto hubo espacio, desde el primer momento, para el nivel de Educación Infantil, por lo que, con bastante miedo, pero con muchísima ilusión, las maestras de los «niños chicos» nos pusimos a planificar.

Los tres objetivos que, en seguida vimos claros y que desde ese momento y hasta hoy no hemos perdido de vista, son:

- Desmitificar las ciencias acercando a los niños y niñas al mundo científico.
- Familiarizarse con el trabajo científico: observar, plantear ideas, experimentar, sacar conclusiones...
- Despertar el interés por la experimentación para adquirir nuevos conocimientos de una manera más autónoma.

Año tras año presentamos nuestro proyecto científico alentados por las ganas y el interés que día a día nos demuestran nuestros alumnos y alumnas. Ellos/as necesitan investigar el mundo que les rodea para poder comprenderlo y para ello elaboran sus propias teorías. Desde la escuela debemos plantearles situaciones en las que pueda poner a prueba dichas teorías, ayudarles a verificarlas, modificarlas, ampliarlas e incluso rechazarlas, haciéndoles sentir que si se cometen errores, no se fracasa. En definitiva, plantearles situaciones que les permitan desarrollar su pensamiento lógico.



No queremos enseñar física, química, matemáticas... No queremos transmitir «información», lo que queremos es hacer ciencia con ellos para que la acción sea exploración y comprensión de la realidad, insistiendo en la idea de que el lenguaje de la física no es algo misterioso, si no que por el contrario, puede ser simple y entretenido. Se trata de que, participando en su juego, les ayudemos a pasar de la acción a la simbolización.

## ¿Cómo investigamos?

Concretamente este curso hemos pensado que podría ser interesante, además de divertido estudiar los efectos de los imanes sobre las cosas, analizando cuáles son sus propiedades, qué tipo de materiales atraen y por qué, qué significa esos de los polos, cómo se puede comparar la potencia entre imanes, de qué manera se pueden construir juegos divertidos utilizando imanes, etc.

El grupo de profesoras esta compuesto este curso por:

- Dos maestras del nivel de 3 años (Carmen y Leo) y una maestra del nivel de 5 años (Rocío) pertenecientes a la plantilla del CEIP Miguel Hernández de Brenes.
- Dos maestras del nivel de 3 años del CEIP Maestro José Fuentes de Sevilla. (Inma y Rosa)
- Una maestra de Educación. Infantil coordinadora del proyecto, actualmente destinada en la Delegación Provincial de Educación (Azucena).
- Una asesora del CEP de Sevilla que colabora en la coordinación de la experiencia de investigación propuesta por el CSIC (Maribel).

Comenzamos, en el mes de octubre de 2010, a desarrollar nuestro proyecto científico de este curso que hemos llamado «Los pequesabios atraen a la ciencia», programando una batería de experiencias sobre magnetismo, que procuramos secuenciar empezando con las más sencillas y agrupándolas según los conceptos que queríamos que los niños y niñas fueran adquiriendo:

- 1º. Saber qué es un imán y cuáles son los materiales sobre los que ejerce fuerza y los que no.
- 2º. La propiedad magnética de un imán se puede transmitir temporalmente a otros objetos.
- 3º. La propiedad magnética es capaz de atravesar diferentes materiales.
- 4º. Hay imanes más potentes que otros y esto no tiene que ver con su tamaño.
- 5º. Los imanes tienen dos polos: norte y sur.

- 6°. Los polos diferentes se atraen, mientras que los polos iguales se repelen.
- 7°. Alrededor de cada imán se crea un campo magnético «invisible».
- 8°. La Tierra es un gigantesco imán.

Dedicamos un día a la semana a jugar a «Pequesabios» y vamos realizando los experimentos simultáneamente en los dos centros. Más o menos cada dos meses, nos reunimos para poner en común los resultados y planificar la siguiente tanda de experiencias.

Parece oportuno, en este momento, comentar la tipología de los alumnos y alumnas que participan en este proyecto. Como hemos comentado anteriormente, realizamos los experimentos en dos colegios de zonas totalmente distintas:

**1.** El Colegio Público de Educación Infantil y Primaria Miguel Hernández La Cigüeña se encuentra situado en plena vega del río Guadalquivir, a unos 20 km de la ciudad de Sevilla, en un pueblo llamado Brenes que cuenta con unos 13.000 habitantes. Es uno de los tres centros de primaria con que cuenta el municipio y está situado a la entrada del pueblo, junto a una torre muy alta que, al parecer, era la chimenea de una antigua fábrica y que ahora es el lugar donde anidan las cigüeñas. Es por ese motivo por el que se conoce, tanto al colegio como a la barriada, con el nombre de La Cigüeña.

Las familias del alumnado que tenemos en el centro poseen un nivel sociocultural medio. Las actividades profesionales se encuentran repartidas entre el sector primario agrícola, también algunas industrias de transformación y profesionales del sector servicios. Las madres suelen ser amas de casa, pero trabajan temporalmente en varias campañas agrícolas: naranja, melocotón, etc.

En los últimos años está llegando al pueblo y a este centro un importante número de inmigrantes procedentes de distintos lugares: países del este europeo y del centro y sur de América, por lo que es habitual la convivencia intercultural tanto en las aulas como en la vida del centro en general. En este centro, participan un total de 48 alumnos/as de 3 años (23 niñas y 25 niños) y 28 alumnos/as de 5 años (14 niñas y 14 niños).

**2.** El Colegio Público de Educación Infantil y Primaria Maestro José Fuentes, esta ubicado en Sevilla capital, en el barrio de Sevilla Este, uno de los barrios de más reciente creación de la ciudad, compuesto mayoritariamente por familias jóvenes en las que trabajan ambos padres, sobre todo en el sector servicios y con un nivel sociocultural medio alto.

Es un centro que lleva tan solo siete cursos funcionando y, en el que, el número de alumnado inmigrante no resulta significativo.

En líneas generales, los padres se muestran bastante interesados en la educación de sus hijos e hijas y suelen colaborar en el estímulo y refuerzo de lo trabajado en el aula.

En este centro, participan 51 alumnos/as de 3 años (29 niñas y 22 niños).

Pues bien, después de cinco meses de trabajo sistemático, hemos conseguido que todos estos niños y niñas hayan incorporado a su entorno habitual un elemento (los imanes) que no suele estar presente en las aulas de esta edad y despertar el interés y la curiosidad de los alumnos y alumnas; de tal manera que cada semana nos demandan nuevos retos para aprender más cosas sobre el magnetismo.

## Empezamos la investigación propuesta por el CSIC

Llegados a este punto, podemos acometer con cierta expectativa la investigación propuesta por El CSIC en la Escuela sobre el modelo de polos fijos / modelo de dominios magnéticos.

Empezaremos recogiendo (**Tabla 1**) el número de niños y niñas que tienen adquiridos los siguientes conceptos previos:

- 1°. Aceptan que los imanes tienen dos polos (norte y sur).
- 2°. Conocen las leyes del magnetismo: los polos iguales se repelen y los diferentes se atraen.

Alumnado de 3 años	Alumnado de 5 años
<b>Brenes:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nº total de alumnos/as: 48</li> <li>Nº de alumnos que tiene adquiridos los conceptos previos: 16</li> </ul>	<b>Brenes :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nº total de alumnos/as: 28</li> <li>Nº de alumnos que tiene los conceptos previos: 21</li> </ul>
<b>Sevilla:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nº total de alumnos/as: 51</li> <li>Nº de alumnos que tiene los conceptos previos adquiridos: 35</li> </ul>	

**Tabla 1.** Cuantificación de los alumnos que cuentan con los conocimientos previos.

## Experimentamos a los 3 años

Iniciamos la investigación en las distintas aulas de 3 años. Cada una con sus peculiaridades tanto en lo que respecta a las características del alumnado como a las de las propias maestras; sin olvidar aspectos tan relevantes en Educación Infantil como puede ser la propia disposición del aula, la distribución del tiempo, los agrupamientos que realizamos, los materiales utilizados, etc.

El objetivo de esta investigación es saber si los niños son capaces de utilizar el modelo de dominios para explicar que los polos de un imán pueden cambiarse a voluntad.

Para ello, comenzaremos acercando una brújula a un imán de álnico y comprobaremos que la brújula es otro imán, hemos buscado un modelo de brújula en el que la aguja esta pintada de rojo y blanco como alguno de los imanes que los niños y niñas han manipulado antes, con el fin de que vean más fácilmente el cambio de polaridad. A continuación, acercaremos a la brújula un imán de neodimio de modo que el extremo rojo de la aguja se ponga en contacto con el polo norte del imán, con lo cual, se invierte la polaridad (**Imagen 1**).



**Imagen 1.** Brújula con la polaridad invertida.

El extremo rojo se ha convertido en el polo sur y el blanco en polo norte. Por último, acercamos de nuevo nuestra aguja invertida al imán de neodimio de manera que el extremo rojo (que ahora es el sur) se ponga en contacto con el polo sur del imán; invertimos nuevamente la polaridad de la aguja que queda en su forma original.

### Primera parte

En todas las aulas tiene la tutora que recordar todo lo anteriormente trabajado, con el objeto de poner a los niños y niñas en situación de querer aprender, para engancharlos en la dinámica de trabajo, para saber de dónde partimos.

En las aulas de Carmen y Leo se parte del concepto de imán (ya trabajado anteriormente), recuerdan las cosas que son magnéticas y no magnéticas, de la fuerza de algunos imanes, de los dos polos del imán (norte y sur) que ellos llaman rojo y



blanco. Todos los alumnos saben que rojo con rojo o blanco con blanco no se «pegan», incluso en la clase de Carmen ya usan la nomenclatura «se atraen o se repelen». Teniendo en cuenta que estamos hablando de niños y niñas de 3 años, podemos adelantar que este es un aspecto muy avanzado en su esquema cognitivo, en sus hipótesis del mundo.

En las clases de Inma y Rosa empezamos directamente con la brújula, presentándola, por lo que tenemos que realizar toda la experiencia previa de conocer lo que es una brújula, para qué sirve y llegar a la conclusión de que es un imán. Las primeras hipótesis que tienen es que la brújula es como un reloj. A través de preguntas y comparaciones los llevamos hacia el concepto de brújula. Álvaro al ver que al acercar un imán se mueve la brújula dice «no es un reloj, es una brújula!», mientras dice Mario: «yo había adivinado que se movía». Se puede comprobar que tienen el de campo magnético.

Es a partir de este momento cuando las experiencias en las cuatro clases son similares. Hacemos ver que la brújula y el imán se atraen como si fueran dos imanes; se orienta la brújula hacia el norte y el sur, realzando algún lugar del aula para afianzar el concepto; y es entonces cuando la maestra, una vez comprobado que todos ellos tienen claro el concepto, realiza el cambio de polaridad haciendo la demostración delante de ellos. Volvemos a realizar preguntas para ver hasta dónde han llegado en sus hipótesis sobre lo ocurrido.

En las clases de Inma y Rosa, se ha realizado el cambio solicitando un «favor» al imán de Neodimio (que es el más fuerte), e incluso así, algunos han quedado asombrados de que ahora esté el norte con el norte, ya que tenían claro que eso no se daba entre imanes. Aún así sostienen que para volver los polos de la brújula a su sitio, tendremos que volver a pedir otro favor. Aún estamos en el inicio del proceso, veremos que pasará más adelante cuando sigamos investigando.

Leo les explica abiertamente a sus alumnos que vamos a cambiar la polaridad de la brújula gracias a que el imán de Neodimio es muy fuerte y lo hace delante de todos ellos, comprobando que la aguja roja de la brújula ahora señala al sur (a la zona del aula que antes señalaba la aguja blanca).

Carmen también cambia la polaridad delante de ellos y comprueban que se ha conseguido. Cuando intentamos volver la brújula a su situación anterior, algunos dan hipótesis de cómo se puede realizar y comentan que si antes se unía rojo con rojo, ahora se tiene que unir blanco con blanco, realizamos la prueba y vemos que esa hipótesis no es válida. Lo dejamos ahí, no seguimos investigando este aspecto.

Así, en cada aula, según las preguntas que vamos realizando y las respuestas que ellos van dando, vamos orientando la secuencia del experimento para comprobar en qué momento consiguen los conceptos iniciados y cuántos de ellos lo consiguen.

En las clases de Carmen y Leo pasan directamente a la experimentación en pequeños grupos para que todos y cada uno de ellos manipulen la brújula e intenten cambiar la polaridad con los imanes; para después volver a encontrarnos otra vez todos juntos y a seguir sacando conclusiones de lo realizado (**Imagen 2**).



**Imagen 2.** Desarrollo de la experiencia.

I. M.<sup>a</sup> Reyes, alumna de Carmen cambia con un imán de álnico la polaridad de una brújula, esto lleva a plantear las fuerzas de los imanes y ver que con unos dura poco el cambio de la polaridad y con otros dura mucho. Con los de «deodimio», dice alguno de ellos.

En clase de Leo recordamos lo realizado para afianzar conceptos y en los grupos de Inma y Rosa no se recapitula.

Así terminamos porque ya estamos muy cansados de pensar y pensar como científicos.

## Segunda parte

Una semana más tarde, volvemos a jugar a «Pequesabios» y retomamos la experiencia anterior con la brújula y los imanes. Tras recordar lo que hicimos, se plantea el siguiente interrogante.

Introducimos ahora un nuevo interrogante.

❓ ¿Qué pasa si partimos un imán por la mitad? ¿Y si lo partimos en trocitos de diferente tamaño?

Las hipótesis que plantean son de lo más variopinto:

- Seño, si lo rompes te cargas el imán y eso no está bien.
- Tendrás muchos cachitos pero también se pegan a los metales.

Tenemos preparados varios imanes de álnico que son sencillos de partir y dedicamos un rato a jugar con los trozos que resultan de romperlos. Los niños y las niñas, en seguida se dan cuenta de que, cada trozo, funciona como un nuevo imán con dos polos que se atraen o repelen igual que antes.

## ¿Y qué pasa a los 5 años?

En esta edad ya los niños y niñas tienen más relación con los elementos físicos que nos encontramos en nuestro entorno, saben algo más de las propiedades, características, funcionamiento de los mismos. Al observar el medio han construido ya varias hipótesis sobre los mismos.

Esto mismo ocurre también con los imanes, sus propiedades y su comportamiento; de tal forma que, cuando le planteamos la experiencia, los conceptos los van captando de manera más rápida que el alumnado de 3 años, ya que tienen unas hipótesis propias más elaboradas, entre otras cosas por su proceso de desarrollo.

Todo esto nos lleva a realizar las dos partes del experimento en una misma sesión.

Partimos siempre de los conocimientos previos que poseen y para ello en zona de asamblea la maestra empieza enseñándoles la brújula y preguntando cómo se llama y para qué sirve.

Por supuesto, todos ellos lo saben y dejan muy claro que es para no perderse y encontrar el camino, si ello pasara. Estudian que tiene una aguja con dos colores, uno rojo con una N y uno blanco con una S; a lo que un alumno añade «polo norte y polo sur», por lo que introducimos lo ya aprendido con los imanes y recordamos a Magnes y la magnetita.

A partir de aquí empezamos a ver qué pasará con la brújula y, por grupos pequeños, investigamos con ella y con imanes para comprobar que se comportan como un imán, ya que al acercarla se une rojo con blanco y blanco con rojo.

Rápidamente deducen que la brújula es un imán y que se comporta como tal, formando un campo magnético.

Cambiamos, sin que ellos lo vean, la polaridad a una de las brújulas y se asombran de que se unan rojo con rojo, norte con norte.

Como son muy curiosos y tienen experiencias en el terreno de la investigación, buscan explicaciones al fenómeno que han visto, no se conforman con cualquier razonamiento, hay que saber el porqué, tendremos que pensar y pensar y dar nuestras hipótesis.

Así, Felipe dice que las brújulas son iguales y a la vez distintas, porque se han hecho amigas (no entendemos muy bien qué quiere exponer con esta idea). Claudia no lo tiene nada claro y deja dicho que es posible que la seño haya hecho algún tipo de magia. Victoria afina más: se unen blanco con blanco algunas veces porque la brújula puede que tenga un imán por dentro. Claudia sigue con sus fantasías: es que el reloj de la seño tiene un imán.

Algunos empiezan a decir que es Super Imán quien lo ha cambiado con su fuerza. Arancha dice que a lo mejor la aguja que tiene dentro es también un imán.

La seño Azucena les da pistas para que vayan construyendo sus ideas, orientándoles la reflexión hacia diferencia entre la fuerza de los imanes de alnico y neodimio, al cambio de polaridad, les incita a pensar, les dice que ha hecho un cambio con algo que hay sobre la mesa y ya empiezan muchos de ellos a comprender que con el imán de neodimio hemos podido cambiar algo en la brújula.

Es el momento de retomar y recuperar los conocimientos que tenemos de nuestras experiencias anteriores. Y ahora hacemos el cambio de polaridad delante de ellos y se les entrega a ellos mismos para que experimenten y comprueben por sí solos.

Una vez comprobado que la mayoría de la clase ha realizado el cambio de polaridad en los imanes desarrollamos el siguiente experimento; comprobar que un imán puede partirse en varios y siempre tendremos imanes. Siempre tendrán dos polos. Todos ellos responden adecuadamente a la pregunta, si parto un imán, ¿cuántos imanes tengo? todos responden que dos, si se vuelve a partir, tres, y así todos responden que siempre tendré un imán con polo norte y sur, que es el modelo de dominio que buscamos.

—Dentro de un imán hay otro y más imanes y más imanes— dice Felipe.

Pues sí, en 5 años llegan a la idea, por supuesto andamiados por nosotros, pero experimentar con ciencias y elaborar hipótesis es una manera muy completa de aprender y si lo hacemos con la ayuda y la orientación de nuestros maestros, lo aprendemos más y mejor.

## Conclusiones

- El concepto de imán, sus propiedades y las leyes del magnetismo lo consiguen la mayoría de los niños y niñas gracias a esta investigación. Esta información les permite ir formándose hipótesis previas a la ejecución de los experimentos, lo cual demuestra que están aplicando sus conocimientos.
- El modelo de dominios es un concepto abstracto y difícil de construir a estas edades. Sin embargo, con la experimentación y la observación continuada y planteando situaciones encadenadas, un tanto por ciento bastante amplio del alumnado de 3 años puede llegar a construirlo (alrededor del 40% en contextos rurales, que aumenta hasta el 50% en contextos urbanos).
- En cuanto al grupo de 5 años, los procesos de elaboración de hipótesis y construcción del conocimiento científico en relación con el modelo de dominios son más rápidos y completos, llegando a comprender el concepto aproximadamente el 70% del alumnado participante.

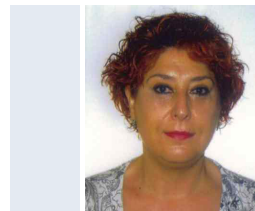
---

## Referencias bibliográficas

AULAS, F. «*Experimentos con imanes*». Colección Experimentos de Mi Mundo. SM. 2007. 29 pp.



## ¿Nos atraen los imanes?



**M.ª Luz Barranquero Gandul\***

*Maestra del CEIP Pablo Ruiz Picasso (Sevilla). Andalucía*

---

### Palabras clave

Magnetismo, imán, polos, dominios, educación, campo, primaria.

---

### Resumen

Este artículo es consecuencia de la investigación realizada con alumnado de Primer curso de Primaria de un colegio público de Sevilla. Se llevó a cabo en sesiones de hora y media una vez por semana de febrero a mayo de 2011. La citada investigación surge a raíz de un curso de magnetismo realizado con el CSIC en el CEP de Sevilla. La intención es detectar si los alumnos son capaces de adquirir el modelo de dominios.

Comenzamos con algunas sesiones destinadas a engrosar los escasos conocimientos previos de nuestro alumnado. Continuamos con el descubrimiento de las características de los imanes, incluyendo juegos de psicomotricidad para reforzar los conceptos adquiridos. Finalmente, introducimos las brújulas y concluimos con el experimento final. Queremos dedicar el artículo a la memoria de nuestra querida Paula.

---

## Introducción

La experiencia es realizada por un grupo de 13 niñas y 10 niños de 6 y 7 años que cursan Primer curso de Educación Primaria en el CEIP Pablo Ruiz Picasso de Sevilla durante el curso 2010-2011. El colegio está ubicado en una zona de nuevas construcciones al norte de la ciudad donde convive un sector sociocultural medio con otro más desfavorecido. El contacto con la ciencia de la mayoría es el que puedan tener en la escuela. La mayoría de los padres se muestran entusiasmados con el proyecto y cuatro de ellos buscan información para ayudar a sus hijos/as.

Aunque conservan algunos rasgos de pensamiento mágico que se trasluce en sus respuestas previas, la mayoría tienen un pensamiento concreto con el que pueden plantear hipótesis y buscar soluciones sobre situaciones de su vida cotidiana.

---

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

El campo magnético es invisible para ellos y tenemos que ayudarles a imaginar y a plasmar en la realidad este concepto: bien haciendo que experimenten con su propio cuerpo, bien a través de la realizaciones gráficas.

## Sesión previa

Antes de empezar con la investigación propiamente dicha, inducimos a nuestros alumnos a que expongan lo que saben del tema. Todos coinciden en hablar de los imanes que pegamos en los frigoríficos. A la pregunta de ¿por qué creéis que se pega el imán al frigorífico? Obtenemos respuestas varias: «el frigorífico tiene una cosa por dentro que pega, se pegan por el frío, hay que dejar secar la pintura porque en caso contrario no pegaría, el imán tiene un papel de plata pegado con pegamento», etc.

Pero hay tres alumnos que tienen nociones concretas: «se pegan porque está hecho de metal y que el imán no se pega a cosas que no estén hechas de metal». Uno de ellos incluso introduce la palabra «repeler» y cuando se le pregunta qué quiere decir ese concepto nos explica que «se ponen un imán aquí y otro allí y si uno se va para allá el otro también».

## Investigamos

Empezamos con un experimento individual que nos llevará a estructurar las ideas previas que ya hemos trabajado.

Se fabrica un cuadrante para que acerquen un imán de frigorífico a todos los objetos que se les ocurran y marquen en la casilla correspondiente si se atraen mucho, poco o nada. Durante tres días hacen la prueba y se recogen los resultados (**Imagen 1**) en tres listas:

- En papel amarillo los que se han atraído mucho.
- En papel verde los que se han atraído poco.
- En papel rojo los que no se han atraído nada.



**Imagen 1.** Listado de objetos según el grado de atracción por un imán.

Se revisan en clase y se hace la siguiente pregunta:

¿Qué tienen en común los objetos de la lista amarilla?

Después de varias respuestas más o menos acertadas, se llega a la conclusión de que son o están fabricados con metales.

Entonces, ¿cuál es el material que siempre es atraído por un imán?

Responden que el metal. También remarcen que hay otros materiales que se parecen al metal, pero que no lo son. Surge la duda de por qué hay objetos que están en más de una lista. Hay diferentes respuestas:

- El imán se ha gastado.
- Hay objetos que parecen de metal porque son plateados, pero son de plástico.
- Hay cosas que la fabrican con diferentes materiales.

También se plantean por qué algunas monedas están en la lista amarilla y otras en la verde. Rápidamente, llegan a la conclusión de que son diferentes, de distintos colores y que, por lo tanto, están hechas de diferentes metales.

## Trabajamos con imanes

Nos ha costado mucho trabajo conseguir imanes; pero, por fin, ya tenemos. Tenemos uno con mangos de colores y muy potente. Primero hemos comprobado que, aunque parezcan iguales, por una parte se atraen y por la otra no. Entonces llega la hora de taparlos.

¿Sabéis qué nombre se le da a cada parte? Polo.

Y ¿sabéis cuál es el nombre de cada polo? Norte y Sur.

De dos en dos probamos con nuestros imanes. Los escondemos en nuestra espalda. Al oír una palmada los unimos por pareja ¿Qué pasa?

A veces se unen y otras no. A veces, se atraen rápidamente, pero, otras hacen fuerza en el brazo y no se acercan. Una alumna dice «que no se quieren». Cuando lo hemos hecho varias veces, nos parece que ha llegado la hora de quitar el papel. Previamente, hemos hecho una señal en el polo norte de cada imán. Ahora repetimos el mismo juego y observamos cuándo se han atraído y cuándo no. Les lle-

va solo unos minutos descubrir que se atraen solo cuando son de diferentes polos. Ahora lo hacemos con los imanes de dos colores (ya cubiertos de papel) que van pasando por grupos. Vamos a estar un ratito intercambiando impresiones entre nosotros.

A partir de aquí, se les ocurre volver a acercar todos los objetos que disponen. Se acercan a las tablas de colores que están en el corcho y comprueban a qué grupo de fuerza de atracción pertenecen (rojo, verde, amarillo). De tal modo que, cuando exponemos las conclusiones, uno de los grupos pregunta que si todos los imanes tienen la misma fuerza.

Así que ellos mismos dan pie al tema de la siguiente sesión.

🔍 ¿Os gustaría saber cómo medir la fuerza de un imán?

## Fabricamos imanes

Nos hemos traído a clase todo lo que hemos encontrado de metal por casa y por el colegio. Tenemos un montón de llaves, chinchetas, clips, imperdibles, agujas, etc.

Por supuesto, volvemos a jugar con los imanes y las cosas que hemos traído. Es lo que más gusta y, normalmente, surgen preguntas o cuestiones varias.

Con un imán por grupo, acercamos una llave y, a partir de ella, todos los imperdibles que podamos. Llega un momento que ya no aguanta más imperdibles.

🔍 ¿Qué significa esto? ¿Tendrá que ver con la fuerza del imán?

La respuesta surge de dos de los grupos. El imán ya no tiene más fuerza.

Ahora vamos a intentar despegar la llave con todos los objetos que tiene colgados. A la de una, a la de dos y... ¡Todo sigue en su sitio! (**Imagen 2**).

🔍 ¿Qué ha podido pasar? ¿Qué ha pasado con la llave? ¿En qué se ha convertido?



**Imagen 2.** Construimos imanes.

Para saberlo dejamos la llave de uno de los grupos colgada de un clavo de la clase. Durante días va a estar allí y comprobaremos que no se despegan. Hasta la próxima sesión no daremos la respuesta... La llave ahora es un imán.

Mientras tanto, colocamos una hoja de papel charol entre la llave y los imperdibles de otro grupo ¡Siguen atrayéndose! La conclusión a la que llegamos es que la fuerza del imán traspasa el papel.

Ahora repartimos un recipiente de plástico. Metemos los imperdibles. Escondo el imán en mi mano y les hago mirar el recipiente. La respuesta es inmediata: ¡es magia! Les explico que este es uno de los trucos de los antiguos magos. Pero no es magia es ciencia es... ¡el imán!

Vamos a hacer lo mismo por grupos y lo complicamos echándole agua. Llegan a la conclusión de que el imán «puede» con el papel, el plástico, el cristal y el agua. Pero con una condición... el imán tiene que estar a una determinada distancia, más allá, no es efectiva su fuerza.

## Los científicos también se divierten

Aunque nos lo pasamos muy bien, en esta sesión hicimos psicomotricidad para representar cómo funciona el objeto nuevo: la brújula (**Imagen 3**).

Tres alumnos se ponen una señal roja en la frente y otros tres una blanca y se colocan de espaldas unos a otros. El resto de la clase en parejas, de espaldas y llevando también las señales rojas o blancas en la frente. Estas parejas representan un imán. El grupo de seis niños que representan la brújula tienen que moverse al acercarse sus compañeros-imanés.

Después, representamos el cambio de polaridad al contacto con el polo del mismo color durante un ratito.

## Esta brújula está loca

A nuestros científicos les encantan las brújulas. Hemos acercado nuestros imanes y hemos comprobado que su aguja tiene dos partes y que el imán



**Imagen 3.** Experimentamos con la brújula.



también. Repetimos los conceptos que aprendimos con la psicomotricidad ahora ya con las brújulas y los imanes. Efectivamente, comprobamos una y otra vez que el polo norte del imán atrae el sur de la brújula y viceversa.

Después, tal y como habían hecho en psicomotricidad, unimos polo norte del imán con el norte de la brújula y el sur con el sur consiguiendo que nuestras brújulas se volvieran locas. Aunque, como somos científicos, tenemos que emplear bien las palabras y decir que hemos cambiado la polaridad.

A continuación, vemos cómo se disponen las virutas de hierro cerca de un campo magnético. Las ponemos sobre unos folios y dibujamos el campo tal y como aparece. Nos cuesta algo de trabajo, pero lo conseguimos. Les explicamos que el imán con el que hacemos este experimento es distinto; es más fuerte y se llama de neodimio (aunque en adelante va a recibir varios nombres, siendo el más popular el de «neodimilo»).

Llegamos a la convención que las líneas de fuerza del imán tiene una dirección concreta: salen por el polo Norte y entran por el Sur.

## Experimento final

Recordamos que un imán tiene dos polos, como lo tienen muy claro corean «norte y sur». Van completando correctamente las frases que empezamos y comprobamos que pueden repetir todos los experimentos anteriores.



**Imagen 4.** Un imán se compone de otros muchos imanes.

Pero... ¿por qué hemos usado un imán distinto? Ya hemos comprobado que el imán de neodimio es más fuerte. Luego...nuestros científicos deducen que solo un imán más fuerte puede cambiar a otro «flojo».

Y esto pasa porque dentro del imán hay algo... ¿lo podemos ver? Algunos creen que sí; pero la mayoría tienen claro que no.

Bueno, ya casi hemos terminado así que podemos partir los imanes. Lo hacemos, pero decidimos no tirar los trozos y comprobar qué pasa con ellos. Y comprobamos que hemos hecho bien en no tirarlos porque cada trocito, por muy pequeño que sea es un imán (**Imagen 4**).

Después de varias preguntas con las que no nos aclaramos mucho terminamos una frase:

«Cada trocito de imán se sigue pegando y atrayendo porque tiene... dos polos». Y aunque los siga partiendo... cada trocito vuelve a tener dos polos: norte y sur.

Si lo parto y lo parto y lo vuelvo a partir, descubriré que un imán sigue funcionando igual porque está formado por muchos imanes pequeños (dominios) ¿Los vemos? Ahora ya todos tienen claro que no. Son muy pequeños, diminutos; pero «están ahí», dicen.

Y ahora sí hemos terminado este experimento y lo más importante que hemos aprendido es que aprendemos más cuando lo hacemos experimentando.

## Conclusión

Nuestro alumnado ha llegado satisfactoriamente al modelo de dominios y en el proceso ha adquirido otros conocimientos relacionados con el tema.

Los niños/as de estas edades, si están en contacto con el mundo físico (los objetos, sus propiedades y características) consiguen fácilmente y, sin grandes esfuerzos cognitivos, llegar a utilizar el modelo de dominios («trocitos del imán», «imanes más pequeños») para explicar el cambio a voluntad de los polos del imán.

---

### Referencias bibliográficas

WOOD, R.W. *49 experimentos sencillos con electricidad y magnetismo*. McGraw-Hill. 1991. 87 pp.

PÉREZ DE LANDAZÁBAL, M.º Carmen; VARELA NIETO, Paloma. *Oersted y Ampère. Orígenes del electromagnetismo*. Nívola Libros. 2003. 315 pp.

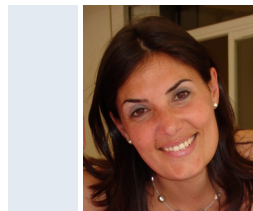
Proyecto El CSIC en la Escuela. Ciencia en el Aula [en línea]: <<http://csicenlaescuela.csic.es>> [consulta Marzo 2011].

Feria de la Ciencia: Proyecto de Divulgación. [en línea]: <<http://www.feriadelaciencia.org/>>. Sociedad Andaluza para la Divulgación de la Ciencia.

# La luz blanca

**Charo Gálvez Rubio\***

*Maestra del CEIP El Palmarillo (Dos Hermanas, Sevilla). Andalucía*



---

## Palabras clave

Luz, color, prisma, ciencia, infantil.

---

## Resumen

En este artículo se describen una serie de experiencias sobre el estudio del color llevado a cabo con alumnado de Educación Infantil en su nivel de 3 años.

Para realizar el cuerpo de las experiencias propuestas por el grupo El CSIC en la Escuela, se ha tenido que recurrir a otras actividades previas que ponga al alumnado en antecedentes, así como hacer referencia a algunos investigadores que han trabajado sobre esta temática a lo largo de la historia.

En todo momento, el alumnado se ha mostrado muy motivado e interesado ante las experiencias propuestas y, aunque la participación de la totalidad del grupo ha sido costosa por las características que presenta, sí podemos decir que tenemos una impresión muy positiva sobre este su primer acercamiento a la ciencia y a la investigación.

Este artículo cuenta con varios anexos que pueden consultarse en: <http://www.csicenlaescuela.csic.es/proyectos/optica/experiencias/e1.htm>.

---

## Introducción

### Situación del centro

El CEIP El Palmarillo es un centro que se encuentra ubicado en Dos Hermanas, ciudad cercana a Sevilla. Su población ronda en la actualidad los 130.000 habitantes y su actividad económica predominante gira en torno al sector servicios y algo de industria. Su cercanía a Sevilla la conforma además como una ciudad dormitorio.

.....  
\* E-mail de la autora: [charo\\_galvez@hotmail.com](mailto:charo_galvez@hotmail.com).

El centro educativo se encuentra al norte de la población, rodeado de casas unifamiliares y edificios de pisos de mediana altura. El alumnado que acude al centro suele vivir en los alrededores. Se trata de una zona bien comunicada, con población estable y renta media y media-baja (según datos obtenidos de las solicitudes de subvención del Plan de Apertura escolar).

El nivel cultural de las familias es diverso, yendo desde los estudios primarios hasta los universitarios. En concreto, en este aula de 3 años, predomina las familias con un nivel de estudios de EGB y Formación Profesional I, aunque también se dan los demás casos.

En cuanto a la actividad económica, la mayor parte de las familias del centro trabajan bien por cuenta ajena o bien son autónomos, aunque destacamos que actualmente, dada la mala situación económica, el número de desempleados ha aumentado considerablemente. En el aula de 3 años y diferenciando entre padres y madres, encontramos que aproximadamente el 50% de ellos trabajan de forma autónoma, aunque lo que más destacamos son los casos de madres desempleadas, incluso se dan situaciones en los que el desempleo afecta a ambos en la misma familia.

## Situación del alumnado

El alumnado que conforma nuestro grupo (nivel de 3 años) está compuesto por 24 alumnos, entre ellos igual números de niños y de niñas. Un alumno de este grupo presenta necesidades específicas de atención educativa, con una discapacidad motórica por asfixia perinatal severa y epilepsia mioclónica.

La mayoría de ellos proceden de un entorno social, cultural y económico con un nivel medio; son familias jóvenes, muchas de ellas, como ya hemos marcado, actualmente afectadas por el paro. Además, es significativo señalar que el 80% del alumnado tiene hermanos mayores en el centro.

Las experiencias con la luz se han realizado durante el mes de enero de 2011, siendo esta la primera vez que nuestro alumnado se enfrenta a un proceso de investigación científica, por lo que aún muchos de ellos no disponen de recursos y experiencias previas relacionadas, ni tan siquiera están acostumbrados a plantearse interrogantes.

Se encuentran muy motivados e interesados por la temática en cuestión, pero algunos tímidamente participan y dan respuesta a los interrogantes planteados. Aún así, podemos contar aproximadamente con un 70% de alumnos y alumnas que

participan activamente en clase, con respuestas aceptables, aunque el 50% son los que dan las respuestas más frecuentemente y de forma acertada y lógica. El 29%, aproximadamente, participa escasamente u ofrecen respuestas camufladas entre las que son generalizadas.

## En asambleas. El blanco, ¿es un color?

Para poner en antecedentes al alumnado, antes de adentrarnos de pleno en la investigación sobre los colores luz, en clase hemos hecho un trabajo previo sobre los colores pigmento, temática más cercana a ellos y de la que tenían más conocimientos previos.

Tras este preliminar, nos dedicamos de lleno a investigar sobre los colores de la luz, teniendo como base las propuestas marcadas por El CSIC en la Escuela, aunque a veces, dependiendo de las respuestas dadas, han surgido algunas variaciones en la realización de las experiencias.

Así, desde el comienzo del estudio, han sido múltiples las veces que hemos preguntado al alumnado si el blanco es un color, en diferentes situaciones, antes y después de realizar variadas experiencias.

En la mayoría de las ocasiones no ha habido una respuesta unánime. Así como al principio la mayoría del alumnado pensaba que el blanco sí era un color, al terminar la investigación la mayoría opinaba que no, pero las respuestas no han sido idénticas en todo el grupo, ya que siempre ha habido un pequeño sector que no ha quedado convencido de las conclusiones a las que hemos llegado o que no ha sido capaz de asimilar y acomodar los conocimientos nuevos en el periodo de tiempo propuesto.

Al finalizar, sí podemos decir que su opinión sobre esta cuestión ha cambiado. El blanco, en los colores luz, quedaba constituido como la suma de los colores del espectro o, como dijeron ellos, «el blanco es el remolino de los colores del arco iris», mientras que en los colores pigmento, el blanco es la ausencia del color, y, en las degradaciones, el blanco consigue poner cada vez «más clarito» los colores.

## Un poco de historia

Para favorecer la comprensión de algunos conceptos con respecto a los colores luz y, además, para inducir al alumnado a ser observadores, hacerse interrogantes y,



en definitiva, que tengan una actitud investigadora, en varias ocasiones se ha hecho referencia a algunos científicos de la historia y, de forma muy simple y sencilla, a los principios básicos de sus teorías sobre la luz. Así pues, hemos hecho referencia a personajes tan importantes como Herón de Alejandría, Alhazen, Descartes, Newton o Einstein, de esta forma también hemos hecho un breve estudio cronológico de las sucesivas investigaciones sobre la luz a lo largo de la historia, a fin de que los pequeños puedan hacerse una idea más acertada de las evoluciones dadas en las diferentes teorías.

## Experiencias iniciales

Al ser la primera vez que este alumnado de 3 años se enfrenta a esta metodología y a esta situación de estudio científico, creímos conveniente realizar unas experiencias previas con la luz, empezando por los elementos más cercanos a ellos.

### Las sombras

Comenzamos a tener experiencias guiadas con la luz a partir del sol que entraba por la ventana del aula. Después de varios interrogantes sin respuesta, nos unimos al grupo de 5 años para salir al patio a realizar algunas experiencias con las sombras: las medimos, las comparamos, las dibujamos, las unimos y así, jugando con ellas, fuimos provocando inquietudes sobre el tamaño de estas, sobre su posición, sus formas, etc.

Más tarde, dentro del aula y con linterna en mano, fuimos cambiando la posición del foco de luz sobre un objeto, y, analizando lo observado, concluimos que las sombras podían cambiar según se ubicara esta luz (**Imagen 1**).



**Imagen 1.** Experimentamos con las sombras.

### Las fuentes de luz

Resultó fácil comprender y definir una fuente de luz: todo aquello que emite luz. Los niños y niñas fueron poniendo ejemplos y entre ellos hicimos una distinción:

entre aquellos objetos que nos aportaban una luz «fría» y que podíamos tocar, y los que desprendían una luz «caliente», con la que nos podíamos quemar (**Imagen 2**).

## El recorrido de la luz

Y para completar estas sesiones iniciales en las que pretendemos predisponer al alumnado al estudio de la luz y los colores y a las actividades posteriores, nos preguntamos dónde hay luz, cómo viaja y cómo se produce el fenómeno de la visión.

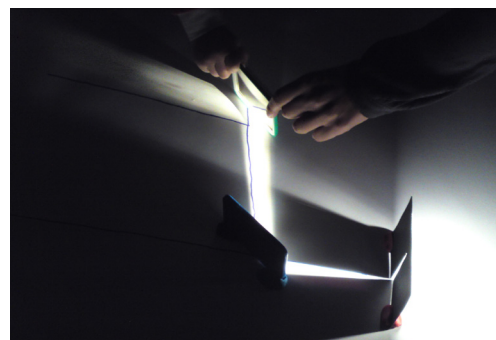
A través de un foco de luz, una rejilla construida manualmente para seleccionar una pequeña sección o rayo de esa luz y unos espejos, concluimos que la luz estaba por todas partes, que viaja siempre en línea recta y que llega a los objetos, rebota y llega hasta nuestros ojos y es, por ello, que podemos ver (**Imagen 3**).

Fue en este punto donde empezamos a introducir un poco de historia. Hablamos de algunas de las teorías sobre la luz que se habían dado a lo largo del tiempo y de sus autores y, de esta forma, también introducimos el concepto de fotón. A partir de aquí los fotones se convirtieron en un elemento cotidiano dentro del aula y los representamos como «pequeñas bolitas que salen de una fuente de luz, y que están por todas partes porque viajan en línea recta y chocan por todas partes y van rebotando hasta que llegan a nuestros ojos».

Ha resultado especialmente interesante descubrir que, a pesar de la corta edad de este alumnado y con el poco conocimiento que tienen sobre la temática, ya en este punto han sido capaces de justificar el acuerdo o desacuerdo con las teorías científicas mencionadas (consultar **Anexo 2**, p.16).



**Imagen 2.** Fuentes de luz.



**Imagen 3.** Descubrimos que la luz viaja en línea recta.

## Filtros de colores

Las experiencias realizadas con los filtros de colores las hemos diferenciado en dos partes.

En la primera hemos trabajado con los conceptos de transparencia y opacidad. Experimentamos y concluimos que solo los objetos transparentes dejan pasar la luz, y si éstos son de colores, esa luz blanca inicial «se convierte» en el color del filtro que pongamos delante. La experiencia les resultó sorprendente, divertida y motivadora, pero no fueron capaces de explicar por qué ocurría este fenómeno.



**Imagen 4.** Filtros amarillos y obtención del blanco.

En la segunda parte, hicimos una comparativa entre los colores pigmento y los colores luz. Experimentamos con las mezclas de colores y observamos que existían algunas diferencias entre ambos. La más clara la vimos al unir los filtros rojo, verde y azul, con los que pudimos observar que se producía el color blanco, y eso no ocurría cuando dibujábamos en un papel con esos tres colores (**Imagen 4**).

Creemos que fue especialmente a través de estas experiencias con los filtros cuando empezaron a aclarar que, a pesar de estar hablando de colores, los pigmentos y las luces son dos cosas totalmente distintas.

## Lágrimas de cristal

Este objeto creó cierta curiosidad entre el alumnado, era la primera vez que lo veían o que se percataban de que existía.

Al ponerlo delante del foco, el efecto les sorprendió muchísimo, pequeñas luces por todas partes e incluso algún tímido espectro del arco iris, pero que ellos supieron detectar claramente. Comparamos lo ocurrido con la lágrima de cristal con el efecto producido por las lentes de unas gafas, eran totalmente distintos.

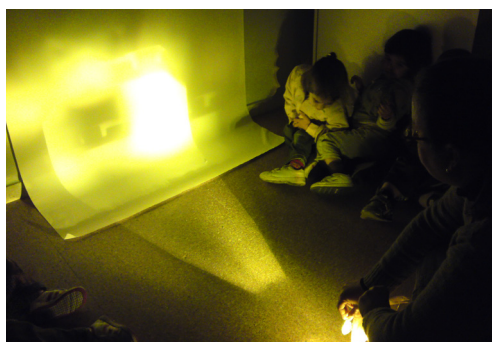
Además, expusimos el cristal tallado a un filtro de color amarillo. El arco iris desapareció y todo el efecto se coloreó de amarillo (**Imagen 5**).

A pesar de mucho insistir en que dieran una respuesta a aquellos sucesos, no supieron dar explicación alguna.

## El prisma y la lupa

Aunque estas son dos experiencias propuestas de forma diferenciada en un principio, en el aula y tras las situaciones dadas, creímos conveniente realizarlas en una misma sesión (**Anexo 2**, p. 37).

Es en este momento cuando les damos a conocer a otro de los científicos más importantes que han estudiado sobre la luz: Isaac Newton; y además les presentamos los dos objetos que nos servirán para nuestra experiencia, el prisma y la lupa.



**Imagen 1.** Brújula con imán de álnico.

El prisma ha sido un elemento muy sorprendente para ellos, en un principio casi mágico, pero pronto se familiarizaron con él como parte del material científico que sirve para investigar; no resultó ser un cristal cualquiera, sino un material de laboratorio.

Pusimos el prisma delante del foco de luz blanca y pudimos ver claramente los colores del arco iris. Tras probar varias veces observamos que siempre salían los mismos colores y en el mismo orden, siempre el rojo era el color más cercano a la luz y el violeta el más alejado.

Quisimos saber sus hipótesis sobre por qué ocurría este fenómeno, pero no supieron responder. Aún así, concluyen que tienen que darse unas condiciones (necesitamos luz blanca y un cristal con forma de prisma, no sirve cualquiera) para que este fenómeno ocurra.

Tras esto, les presentamos la lupa, este sí es un objeto conocido por ellos y además les gusta mucho. En clase tenemos algunas que nos sirven para hacer actividades de observación y atención, pero estaban expectantes por ver su utilidad en los «experimentos». Con la lupa conseguimos volver a unir los colores del espectro y

volvimos a ver un punto de luz blanca. Tampoco a este fenómeno pudieron dar una explicación (**Imagen 6**).

## Estudio de cada color del espectro

Volvimos a repetir la experiencia del prisma frente a un rayo de luz blanca, de nuevo vimos los colores del arco iris. Quisimos conocer sus hipótesis sobre qué pasaría si hiciéramos incidir los colores del espectro a través de otro prisma ¿Saldrían los mismos u otros colores distintos? Tímidamente dieron alguna respuesta, pero la mayoría del alumnado no se atrevió a dar su opinión.

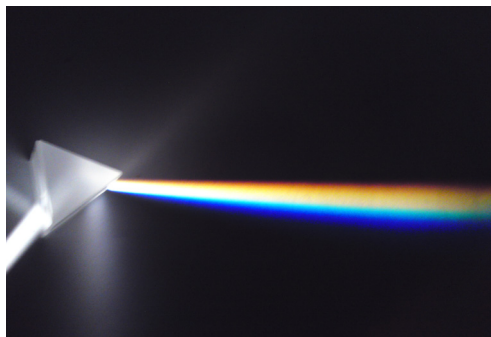
Comprobamos primero con el color anaranjado y tras hacerlo pasar por otro prisma, salió el mismo color.

Después con los demás individualmente y al final con todos. Observamos que estos colores resultaban un tanto «puros», pues no sufrían cambios al pasar por otro prisma. Concluimos que estos colores estaban dentro de la luz blanca (**Imagen 7**).

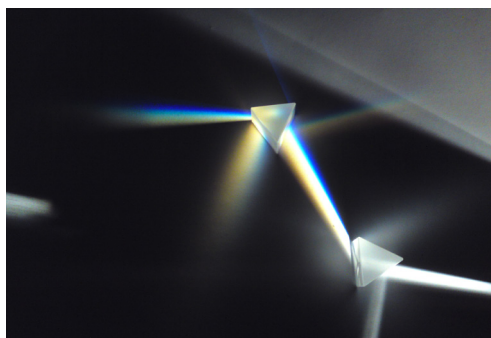
## El disco de Newton

Realizamos la propuesta plástica del disco de Newton. En un pentágono, dividido en siete partes iguales, coloreamos cada sector con los colores del arco iris y en el orden en que aparecían en el espectro al hacer incidir la luz blanca sobre el prisma.

De nuevo hicimos referencia a Newton y su teoría sobre la fusión de estos colores.



**Imagen 6.** Obtención del espectro y vuelta a componer la luz blanca.



**Imagen 7.** Obtención del mismo color tras hacerlo pasar por el segundo prisma.



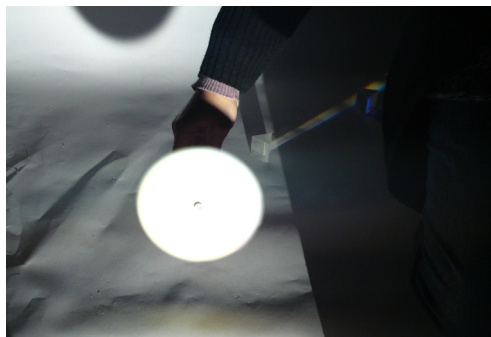
Antes de realizar la experiencia indagamos sobre sus intuiciones. ¿Se vería el color blanco de nuevo? ¿Resultaría el experimento? En un principio estaban un poco incrédulos, pero la actividad les atraía ya que cada uno había realizado como actividad plástica su propio disco que más tarde llevaron a casa.

Empezamos a mover el disco con la mano, pero seguían viéndose los colores marcados. Después de varios intentos y ningún resultado, pusimos el disco en un pequeño motor giratorio, que al dar vueltas más rápidamente, nos ofreció claramente la misma experiencia que propuso el científico (**Imagen 8**).



De aquí surgieron varias exposiciones interesantes:

- Esto ocurría porque había «un remolino de colores».
- Los colores giraban tan rápido que «los fotones se mezclaban» y veíamos de nuevo el color blanco.
- Pasaba igual que cuando unimos los colores del arco iris con la lupa.
- Los fotones no serían blancos, tenían que ser de colores.
- Vemos la luz blanca porque los fotones viajan por todas partes tan rápidamente que se mezclan.



**Imagen 8.** Disco de Newton y obtención del blanco.

## Transposición a la naturaleza

Llegados a este punto, quisimos saber qué experiencias previas habían tenido con el arco iris, si lo habían visto alguna vez y qué condiciones meteorológicas se tenían que dar para que este fenómeno ocurriera.

La verdad es que, aunque todos sabían lo que era un arco iris, muy pocos habían tenido experiencias con él, suponemos que por las escasas ocasiones que habrán tenido de observarlo dada la corta edad de este alumnado, además de no llamarles la atención con anterioridad a este estudio.

Analizamos las condiciones necesarias para poder observar tal efecto. En un principio dijeron que hacían falta gotas de lluvia y la luz del sol. Nos fuimos al patio a hacer una experiencia con la manguera de riego. No llovía, pero sí pudimos ver el arco iris. Así pues, cambiamos las condiciones; para ver un arco iris fuera del laboratorio-clase era necesario gotas de agua y luz del sol, las gotas de agua hacían la función de prisma y descomponían la luz blanca en los 7 colores del espectro (**Anexo 2**, p. 57) (**Imagen 9**).



**Imagen 9.** Espectro de colores en el patio.

## Conclusiones

### Sobre la evolución que se ha dado en el alumnado

Después de realizar este estudio sobre los colores de la luz, podemos decir que se ha dado una clara evolución en el alumnado. Así, este primer acercamiento a la ciencia les ha aportado múltiples beneficios, que expondremos a continuación.

Como ocurre con cualquier otra temática trabajada en el aula, el nuevo objeto de estudio, en este caso «los colores luz», ha aportado al alumnado un paquete de nueva información que ha permitido al alumnado ampliar sus conocimientos sobre la realidad que les rodea y de la que forman parte. Pero es a través de esta metodología investigadora como los contenidos científicos han tomado mayor sentido, ya que implica en su desarrollo la realización de actividades tan importantes como la observación, la manipulación, la reflexión, la experimentación, la deducción y además del diálogo, la puesta en común y la exposición sobre lo acontecido, actividades imprescindibles en el ámbito científico.

Los nuevos conocimientos se van construyendo de forma progresiva y apoyándose en las ideas previas que sobre la temática ya existían. Cada sesión de experimentación se ha comenzado recordando lo trabajado anteriormente, lo que ha facilitado la comprensión de los nuevos contenidos, favoreciendo así la adquisición de aprendizajes significativos.

El estudio sobre la luz les ha permitido también ampliar su vocabulario. El alumnado no solo ha conocido nuevos materiales, como el proyector, los filtros o el prisma, sino también acciones como la proyección, reflexión y la dispersión; además de

otros vocablos específicos de este trabajo. La introducción de autores y teorías les ha ayudado a tener una visión más clara sobre los nuevos contenidos y les ha invitado a tener unos mínimos conocimientos sobre una parte de la comunidad científica dedicada a investigar sobre la luz, en similitud con ellos mismos, que han terminado viéndose como «pequeños científicos».

Es sorprendente ver cómo este alumnado de 3 años muestra tanta seriedad y respeto por los contenidos que se han trabajado, se muestran incluso rigurosos a la hora de emplear vocabulario o ante la realización de las experiencias propuestas, creándose en el aula un clima de expectación considerable.

En el desarrollo de todo este proceso de investigación, la motivación y el interés han ido en aumento progresivo, debido a la variedad y el atractivo de las actividades propuestas y a la cada vez mayor comprensión de los acontecimientos dados. Esto también ha provocado un ambiente más seguro y confiado, donde todas las respuestas son válidas aunque también discutibles, por lo que la participación del alumnado ha ido creciendo y ofreciendo soluciones cada vez más lógicas, de lo que se deduce la evidente conexión que establecen entre los nuevos conocimientos y los ya adquiridos. Estas situaciones se han podido observar más claramente en las experiencias finales, como la del disco de Newton o la transposición a la naturaleza, donde se ha llegado a conclusiones más complejas y acertadas (**Anexo 2**).

Así pues, hacemos una evaluación muy positiva del progreso que se ha dado desde el punto de vista cognitivo en el alumnado. La metodología empleada ha permitido que cada alumno y alumna haya avanzado en sus conocimientos en mayor o menor medida según su propio ritmo de aprendizaje, alcanzando más madurez y mayor predisposición ante exploración e indagación de lo acontecido en las experiencias realizadas y ante los fenómenos que acontecen en el mundo que le rodea.

## Valoraciones desde el punto de vista docente

El grupo de alumnos y alumnas con el que hemos realizado las experiencias posee unas características singulares. Son niños y niñas de tres años, nuevos en el centro, que han dedicado su primer trimestre a la realización de actividades que permitan su adaptación a la nueva situación educativa, a la adquisición de normas consensuadas de comportamiento, al conocimiento de los espacios y las personas, y con propuestas didácticas de corta duración favorecedoras de la integración y el conocimiento de los compañeros y compañeras.

Ha sido a partir del segundo trimestre cuando se han enfrentado por primera vez a una metodología propiamente investigadora. Tras una evaluación inicial, observa-

mos que el grupo tenía escasas experiencias previas de dónde partir para investigar sobre los colores luz, dada su corta edad y sus pocas inquietudes sobre el tema.

Decidimos entonces comenzar un proyecto de trabajo que ha tenido como título «Más que colores», que constaría de dos partes: los colores pigmento y los colores luz (**Anexo 1**).

Así pues, hemos tenido que provocar situaciones de inicio. Empezamos a investigar desde lo más cercano a ellos, los colores pigmento, los colores de las ceras, de las pinturas, las mezclas y las degradaciones, con ellos hemos realizado juegos, adivinanzas, teatrillos, etc.

Y una vez que hemos conseguido el clima deseado, nos hemos dedicado plenamente a trabajar con las luces, aunque de nuevo nos dimos cuenta que se hacía necesario introducir algunos contenidos que nos sirvieran de base. Es por ello que los colores luz los empezamos a estudiar jugando con las sombras y a partir de ahí se fueron sucediendo las demás actividades.

Al principio, el desconocimiento sobre el tema y la timidez de muchos daba como resultado una falta de seguridad y confianza que ralentizaba la participación, solo los más desinhibidos aportaban respuestas sin miedo al equívoco. A medida que el proyecto ha ido avanzando y dentro de una dinámica donde se deja al descubierto que todas las respuestas son respetadas, el alumnado fue adquiriendo mayor confianza, por lo que la participación aumentó notablemente. Además, conforme hemos ido avanzando, también han ido adquiriendo más conocimientos, más recursos, que les han dotado de mayor seguridad a la hora de participar.

En este sentido, también hemos querido evaluar la valoración de las familias y la información que de ellas hemos recogido. Así pues, el porcentaje de participación señalado al inicio en las referencias sobre el alumnado está hecho sobre los datos recogidos en clase; no es una valoración real, pues queda al descubierto que son muchos los niños y niñas que en el aula no han sido muy participativos pero que llegan a casa ilusionados comentando con todo detalle lo que están aprendiendo.

Las familias, en general, se muestran muy sorprendidas. Observan y escuchan a sus hijos e hijas hablar de fuentes de luz, de fotones, de prismas, de experimentos, comentarios que consideran inusuales para este alumnado de 3 años, lo que pone en evidencia las pocas expectativas que a veces tienen los adultos sobre introducir ciencia en niveles tan iniciales.

Otro aspecto a valorar como docente es la oportunidad que nos da este tipo de proyecto de apertura a otras investigaciones, es fácil encontrar situaciones que inviten a iniciar una nueva investigación. En este caso, observando los cambios que sufrían las sombras con respecto a la situación del foco de luz, nos surgió la pregunta: «¿Y por qué el sol cambia de sitio? ¿Por qué el sol se mueve?». Esta pregunta quedó anotada, ya que no pudimos darle una respuesta inmediata, habrá que investigarlo.

Por otro lado, resaltamos también la oportunidad que hemos tenido de realizar un trabajo conjunto entre distintos niveles educativos: el grupo de 5 años A de Educación Infantil y el grupo de 6º de Primaria. Esta circunstancia ha permitido que entre el profesorado implicado se establezcan lazos de comunicación, cooperación y diálogo, dando lugar a un enriquecimiento personal y profesional.

Así pues, y para concluir, podemos decir que iniciar un trabajo de investigación científica con un alumnado de tales características, ha supuesto un esfuerzo considerable, dada la inexistencia de experiencias similares anteriores. Pero a medida que hemos ido avanzando, esta tensión se fue suavizando y, al final, tenemos una impresión más que satisfactoria y gratificante sobre el trabajo realizado. Suponemos que esta impresión también puede variar si el profesorado ha tenido o no experiencia anterior con una propuesta científica de tales características, que en este caso sí la ha habido.

Además, nos satisface pensar que, en conjunto, hemos formalizado un trabajo que cumple con los principios metodológicos que marca nuestra actual normativa (Decreto 428/2008, de 29 de julio, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas correspondientes a la Educación Infantil en Andalucía; y la Orden de 5 de agosto de 2008, por la que se desarrolla el currículo de Educación Infantil en Andalucía), unos principios metodológicos basados en:

- La flexibilidad, que ha permitido adecuarse al alumnado y establecer niveles de profundización.
- La actividad, observación, experimentación, manipulación.
- La significatividad, partiendo de los conocimientos previos.
- La globalización, poniendo en funcionamiento todas las capacidades que tiene el alumno/a en ese momento.
- La motivación intrínseca, ya que el alumnado tiene necesidad de aprender.
- La afectividad, ofreciendo un clima de seguridad y confianza.

Y, sobre todo, partiendo de la idea de que el maestro/a no es poseedor del saber, todos aprendemos al mismo tiempo, haciéndonos preguntas, experimentando, comprobando hipótesis y sacando conclusiones sobre lo ocurrido.

Y con todo ello hemos conseguido un alumnado que construye sus propios conocimientos en mayor o menor medida, dependiendo del ritmo de aprendizaje y la maduración de cada individuo.

---

### Referencias bibliográficas

LEY ORGÁNICA 2/2006, de 3 de mayo de Educación.

Decreto 428/2008, de 29 de julio, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas correspondientes a la Educación Infantil en Andalucía.

Orden de 5 de agosto de 2008, por la que se desarrolla el currículo de Educación Infantil en Andalucía.

CSIC. Museo Virtual de la Ciencia. Salas del Museo. Sala de Óptica [en línea]: <<http://museovirtual.csic.es/salas/luz/luz23.htm>> [consulta: Enero de 2011]

Curso de perfeccionamiento del profesorado impartido por el grupo de El CSIC en la Escuela. *Estrategias de intervención e investigación en la escuela II: Ciencias en Educación Infantil y Primaria. (Óptica y Astronomía)*. Alcalá de Guadaira, 2009.



# El espectro de colores



## Manoli Pozo Rodríguez\*

Maestra del CEIP Juan Carlos I (El Viso del Alcor, Sevilla). Andalucía

---

### Palabras clave

Ciencia, experiencias, proyectos de investigación, aula, experimentos, óptica, color.

---

### Resumen

Con este trabajo queremos reivindicar, una vez más, el uso de la ciencia en la escuela y, particularmente, con los más pequeños.

En este proyecto, en concreto, intentamos que nuestros niños y niñas descubran que la luz que recibimos, tanto del sol como de otros objetos capaces de darla, no es una luz blanca, como puede parecer, sino que está formada por los siete colores del arcoíris.

Y esto lo descubriremos, haciendo honor a la historia y, muy especialmente, a Newton, realizando algunos de los experimentos que él llevó a cabo. Así pues, haremos pasar la luz a través de un prisma triangular de vidrio para descomponerla y luego la miraremos a través de una lupa para volverla a componer.

Pero como se puede ver en el título de este proyecto, también nos proponemos que diferencien los colores luz de los colores pigmento, los naturales de los artificiales, los puros de las mezclas.

Y todo ello, aderezado con lo que el método científico, nos enseña a hacer: observar, reflexionar, lanzar hipótesis, hacernos preguntas e idear estrategias de comprobación.

Este artículo cuenta con varios anexos que pueden consultarse en: <http://www.csicenlaescuela.csic.es/proyectos/optica/experiencias/e1.htm>.

---

## Centro

El colegio está situado en una zona relativamente nueva del pueblo y en él viven familias de clase media baja formadas, en su mayoría, por obreros, obreros cualificados, autónomos y titulados medios.

.....  
\* E-mail de la autora: Maglo57@hotmail.com.

En todas las familias del grupo que estamos tratando, hay, al menos, uno de sus miembros, con trabajo y en quince de ellas, los dos, recibiendo la ayuda de otros familiares para el cuidado de los niños.

## Grupo control

Es un grupo de infantil de cinco años formado por siete niños y trece niñas, que, en su mayoría, han permanecido juntos desde los tres años teniendo la misma tutora en todos ellos. A lo largo de este tiempo, hemos tenido cuatro bajas y dos altas por cambio de domicilio.

Una niña se incorporó en el comienzo de 4 años (procedente de otro colegio de la zona) y un niño, de origen rumano, a comienzos del tercer trimestre de 4 años. Ella tardó un trimestre en comenzar a sentirse parte del grupo y a comienzos de este curso ya era una más. Él, cuyas dificultades con el idioma, aún hoy, son muy importantes (lo que hace que el nivel de habla sea muy bajo y solo entienda cosas muy concretas), todavía no se reconoce como compañero de todos y se mantiene bastante al margen.

Hay un niño y una niña cuyos padres son de origen marroquí aunque ellos son nacidos aquí en España y no tienen dificultades con el idioma.

Es un grupo sin grandes diferencias individuales, bastante cohesionado, bien adaptado y con un buen grado de integración.

Un grupo alegre, que se entusiasma con facilidad, que les gusta hacer cosas, con mucha autonomía en el trabajo, bastante responsable, que saben organizarse su tiempo y abiertos a casi todo lo que se propone, por parte mía o de ellos.

Es un grupo que desde los tres años trabaja desde una perspectiva constructivista, a través de secuencias, talleres y proyectos y no utiliza libro de texto.

Hay ocho con una capacidad de pensamiento entre elevada y muy elevada.

Este grupo genera muchas ideas que son seguidas y aceptadas por el resto, menos participativos, pero atentos observadores de lo que ocurre.

Solo dos niñas tienen problemas de atención y, aunque por motivos diferentes, rara vez participan.

Cinco se muestran atentos y, aunque no marcan el ritmo de las conversaciones, también suelen participar con ideas propias.

Solo cinco, entre ellos los dos de familia marroquí y el de origen rumano, no suelen generar ideas, aunque participan en otras cuestiones.

## Introducción

En nuestro convencimiento de que la ciencia ha de estar presente, de una manera activa, en la escuela, ya desde las primeras edades y en nuestro interés porque así sea, acometemos este proyecto con nuestros niños y niñas de infantil de 5 años.

Con este grupo, ya en tres años, hicimos un trabajo sobre la sombra y como factor indispensable, la luz. Así pues, era un grupo que tenía ciertas ideas sobre cuerpos opacos y transparentes, fuentes de luz, etc. Pero nunca habíamos tratado ni el camino de la luz ni la descomposición de la luz blanca.

Comenzamos este trabajo en el mes de octubre y realizamos una actividad previa y los experimentos 1, 2 y 3, obteniendo las respuestas que se detallan en el **Anexo 1**. Pero por diversas razones, no continuamos con él.

Pasado el tiempo, ya en febrero, un día recordamos lo que entonces habíamos hecho (solo de palabra) y en dos sesiones más, volvimos a hacerlo, poniendo siempre palabras a lo que en cada momento iba ocurriendo: yo iba preguntando y ellos iban respondiendo.

Así pues, aunque en la narración de la experiencia aparezca todo seguido, entre ellas, medió este intervalo.

## Experimento 1

Para realizar este trabajo de investigación, en el que se nos daba todo bastante definido partimos de la lectura del libro «África y los colores».

Comenzamos recordando el que hicimos de la sombra. Les dije que en esta ocasión íbamos a trabajar la luz. Comencé preguntando para qué servía. Ellos respondieron que para ver cómo son las cosas: de color, de tamaño, de forma, lo que contienen.

Les pregunté, entonces, que pensaban ellos que eran los colores a lo que respondieron no con el qué, sino con el cómo eran: alegres, tristes, claros, oscuros, bonitos.

Observándonos a nosotros mismos, otras cosas de la clase y lo que veíamos a través de la ventana, pudimos ver que el color que tenía todo lo que veíamos, era porque lo habían pintado o teñido así: lápices, un lazo, la pared (colores artificiales) o porque habían salido así: plátano, árboles, flores (colores naturales) (**Anexo 1**).

Como para ver los colores necesitábamos la luz, vuelvo a retomarla y pregunto de qué color es la luz y después de aportar ideas, razonarlas y debatirlas, tuvimos tres hipótesis: (**Anexo 1**)

1. Es amarilla porque Van Gogh la pintaba así.
2. Es blanca porque da claridad y el color más claro que existe es el blanco.
3. Es transparente porque, con ella, se ve todo bien, igual que a través de un cristal.

Partiendo de esta última opción y dirigiéndome a quien aportó la idea, le pregunto si piensa que si la luz tuviera color, las cosas no se verían bien. Dice que no, que se verían un poquito de ese color.



**Imagen 1.** Desarrollo de la experiencia.

Cojo, entonces, papel celofán de diferentes colores e incoloro, hago trozos y los reparto.

Después de ver a través de ellos, la primera hipótesis se va tambaleando y cobra más fuerza la tercera (**Imagen 1** y **Anexo 3**).

Decido, entonces, plantear la pregunta de este proyecto de investigación:

Después de todo esto que hemos estado viendo, de los colores artificiales y los naturales, de los colores claros y oscuros, del color de la luz ¿pensáis que el blanco es un color como el naranja o el amarillo o el azul...?

Dos respuestas, sí y no. Veamos las razones de una y otra.

1. No: porque con el lápiz blanco no se puede pintar en un folio.
2. Sí: porque con el lápiz blanco se puede pintar en un folio de otro color.

Y con la pintura blanca y con la tiza. Mira (dice una niña) es que para pintar de un color, el papel tiene que ser de otro color. Con un lápiz azul no podemos pintar en una cartulina azul, ni con uno amarillo en una amarilla.

Con este razonamiento, se los lleva a todos a su terreno. Quien defendía la hipótesis del no, no está muy convencida de cambiar de opción, pero se queda sin argumentos para defender la suya.

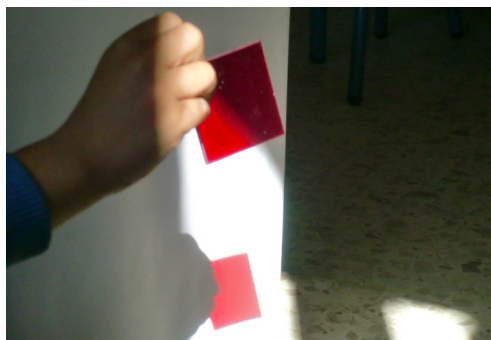
## Experimento 2

Observamos un rayo de luz que la persiana deja pasar a través del cristal de la ventana.

Cerramos todas las demás para dejar solo uno. Pongo una cartulina blanca a modo de pantalla y otra en el suelo.

Les muestro filtros de cuatro colores y otro incoloro. Los observamos y pensamos. Y pregunto qué puede pasar si pongo el filtro delante del rayo. Obtengo dos respuestas:

1. Pasa la luz, porque es transparente.
2. No puede pasar porque es de color.



**Imagen 2.** Desarrollo de la experiencia.

Pongo uno a uno los filtros delante de la luz y observan que, sobre la pantalla, se ve una figura de la forma y tamaño del filtro, y lo que más llama su atención, que es del mismo color (**Imagen 2** y **Anexo 3**).

Pensamos por qué habrá ocurrido eso y una niña da una respuesta que a los demás convence: dice que la luz llega al filtro y como es transparente, aunque sea de color, pasa; que si fuera un cuerpo opaco, no pasaría.

Los que estaban de acuerdo con la 2ª opción, la descartan y se adhieren a la 1ª.

Entonces, señalando el cuadrado coloreado que se ve en la pantalla, pregunto si eso es luz. Me dicen que sí y al preguntar por qué se ve de color, dice otra niña que cuando el rayo de luz pasa por el filtro, se lleva el color y por eso se ve según el color del filtro, respuesta con la que están todos de acuerdo.

Vuelvo a preguntar por el color de la luz antes de llegar al filtro y vuelvo a obtener las tres mismas respuestas de antes: amarilla, blanca y transparente.

Que la luz pudiera ser amarilla, era una hipótesis que había quedado descartada, pero que aquí vuelve a aparecer, de parte de la misma persona.

Pensamos en esta opción, volvemos a pensar en Van Gogh y les muestro otras pinturas en las que la luz no ha sido pintada de amarillo.

Y observamos que donde hay luz, los colores son más claros y para ser más claros, pensamos, el pintor debió echarles un poquito de blanco, e incluso en algunas se ve el blanco directamente.

Les digo que la luz es un tema que ha interesado a mucha gente a la largo del tiempo y que como ellos ya saben, cuando se quiere saber por qué ocurre algo, se investiga y eso es precisamente lo que hizo Newton, un científico del s. XVII que estudió la luz y descubrió muchas cosas de ella. Y nosotros íbamos a hacer algunos de los experimentos que él hizo. Les cuento qué se pensaba de la luz antes de que existiera la ciencia, en los comienzos de esta, posteriormente y hasta en la actualidad. **(Anexo 2)**

## Experimento 3

Una de las cosas que hizo Newton, fue poner diferentes objetos transparentes delante de un rayo de luz y ver qué pasaba y uno de esos objetos, fue la lágrima de una lámpara.

Llevamos a la clase varias lágrimas y otras piezas de lámparas de cristal tallado.

Como no siempre podemos disponer de un rayo de luz solar, usamos la que nos proporciona un cañón por el que hacemos pasar una diapositiva negra con una rendija de arriba abajo. El resultado es un rayo de luz (**Imagen 3** y **Anexo 3**).



Pusimos un papel blanco en el suelo e inclinamos el cañón para que la luz dé en el mismo. Volvimos a poner los filtros y vimos que la luz sobre el papel, se teñía del color del filtro elegido. Y al preguntar por qué ocurría eso, obtuve la respuesta que en el experimento anterior dieron por válida.

Ponemos luego las piezas de lámpara. Y vemos que la luz no sigue su camino, sino que se desvía hacia varios lugares (**Anexo 3**).

Observamos estas piezas, al igual que los filtros, las tocamos y observamos que los filtros son lisos (les digo que los dos cuadrados que tiene el filtro son caras). Y observamos que las piezas de lámpara tienen más. Además observamos que en algunos de esos lugares donde aparece la luz (cuando se desvía al ponerla delante), se ven algunos colores, claros y pálidos pero que reconocen como los del arco iris.



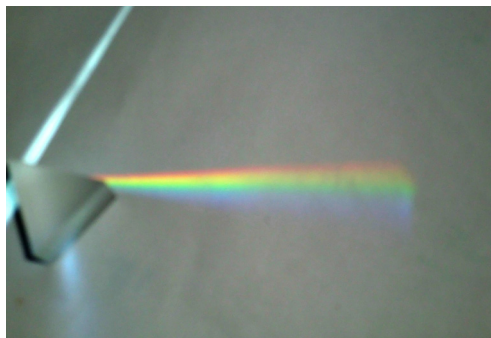
**Imagen 3.** Rayo de luz.

## Experimento 4

Entonces les digo que Newton, después de ver esto, pensó utilizar un prisma triangular que tiene solo tres caras iguales y bien definidas.

Y les enseño los que yo tengo. Los cogemos, tocamos sus caras y las contamos.

Lo ponemos delante del rayo de luz y observan que la luz se ha desviado y se ven colores. Los del arco iris, dicen (**Imagen 4** y **Anexo 3**).



**Imagen 4.** Obtenemos el espectro de colores.

Pregunto qué ha podido pasar. Dicen que el prisma ha desviado la luz hacia un lado y sobre los colores solo aciertan a decir que son los del arco iris.

Observamos los diferentes colores, decimos cuáles son y cuáles están más desviados y cuáles menos.

En otra sesión, volvemos a colocar el prisma delante del rayo de luz y nos proponemos pensar qué ha podido pasar para que aparezcan esos colores. Al desvío no le dan ellos tanta importancia.

Analizamos lo que tenemos:

- Luz blanca que sale del cañón, un prisma y colores que salen del prisma.

Y planteo dos cuestiones: de dónde vienen esos colores y dónde estaban antes de salir del prisma.

Después de varios titubeos (del arco iris, de las cosas que hay en la clase que se reflejan, de unas piezas de construcciones que mantenían inclinado el cañón...) tienen dos hipótesis:

1. Los colores vienen del prisma.
2. Los colores vienen de la luz.

Después de poner y quitar el prisma varias veces, de observarlo, tocarlo y mirar a través de él y de observar la luz que salía del cañón, la que salía del prisma, un niño (C.) nos regaló una respuesta maravillosa. Dijo: los colores que vemos no son colores de verdad, son la luz.

Pregunto cuáles son los colores de verdad y me dice que los que pintan, los de los rotuladores, los lápices y la pintura.

Les pregunto a los demás qué piensan de lo que ha dicho su compañero, que los colores son de la luz y él me corrige y dice: de la luz no, son la luz, que antes era blanca y cuando sale del prisma es de colores.

Hubiera sido un buen momento para hablar de los colores luz y los colores pigmento, pero me pareció una respuesta tan buena, que no quise quitarle protagonismo planteando otro tema.

Así, pues, seguimos por este camino y les recuerdo que como han dicho algunos, en la luz blanca que sale del cañón, no hay colores y le pregunto a C. por qué cree él que no los hay. «Porque no se ven», fue su respuesta.

Y pensando en esta respuesta, nos vinieron a la cabeza otras cosas que aunque no se vieran, sí existían: el ombligo, tapado por la ropa, el corazón, los riñones, el hígado, los huesos, el aire... (llevábamos varios días mostrando imágenes de los órganos del cuerpo).

Tomando como ejemplo las partes internas del cuerpo que un cirujano puede verlas al abrir, pregunté si podría ser que, como decía C., los colores estuvieran dentro de la luz blanca, pero no los viéramos. Sí, dijeron. Estarían tapados. Y al querer saber por qué piensan ellos que se ven al pasar la luz por el prisma, me dicen que la luz se abre y así se pueden ver.

Les digo que Newton siguió investigando y descubrió por qué al salir del prisma salía luz de colores y no blanca como había entrado.

Pero antes les invito a pensar dónde se produce la luz y cómo llega a nosotros: y dicen que la luz se produce en muchos sitios, el cañón, el Sol, una linterna... y se mueve para ir a otros lugares. Y lo hace en línea recta.

Les digo, entonces, que Newton descubrió que la luz estaba formada por fotones y les explico que son como bolitas más que diminutas, tanto que no podemos verlas, que van a una velocidad enorme. Y esos fotones son los que tienen esos colores.

Y que cuando la luz va por el aire, los fotones van todos a la misma velocidad y van juntitos, pero dentro del prisma, los fotones de un color corren más que los de otro y entonces, el que corre más, sale antes del prisma y el que corre menos sale el último.

Ellos hacen el símil con una carrera de ellos mismos en la que si van a la misma velocidad, pueden ir de la mano y llegar juntos a la meta, en cambio, si van a diferente velocidad, se tendrán que soltar de las manos y cada uno llegará en un momento distinto. Observamos qué color era el más rápido y salía antes, cuál más lento.

## Experimento 5

Colocamos todo igual que en el experimento anterior. Volvemos a tener la luz dispersa y con los siete colores.

Coloco, entonces, la lupa y les pido que observen.

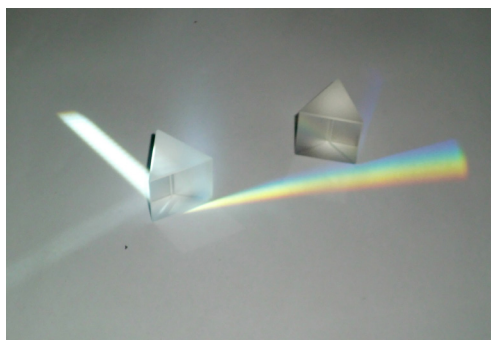
Ven que los colores, conforme se van alejando, se van uniendo y al final se ve un puntito blanco.

Y les digo que Newton descubrió que lo que ocurre en la lupa, es lo que ocurre en nuestro ojo, que los fotones de los siete colores entran juntos y por eso la vemos blanca.

## Experimento 6

Una niña trae una lágrima de su lámpara y antes de comenzar este quinto experimento.

La ponemos delante del rayo de luz (como ya hicimos en el 2) y volvimos a observar cómo se desviaba la luz hacia diferentes lugares y en algunos de ellos, aparecía el arcoíris. Pregunté por qué pensaban ellos que con la lágrima se dispersaba hacia diferentes lugares y con el prisma no. La respuesta fue inmediata: porque tiene muchas caras (**Anexo 3**).



**Imagen 5.** El color violeta no se descompone al pasar por un segundo prisma.

Les propongo pensar si cada vez que entra una luz por un prisma, sea de color o blanca, saldrán los siete colores del arcoíris. Como suele ocurrir, dos respuestas:

1. Sí, porque es una luz.
2. No, porque no es blanca.

Les propongo averiguarlo con este experimento, pero ante la dificultad que encuentro al separar los colores con las tarjetas, lo hacemos haciendo entrar en el segundo prisma los colores que salen del anterior, directamente, es decir, el rojo, el rojo y el naranja, el violeta... y todas las composiciones que nos permitieron la colocación de los colores (**Imagen 5** y **Anexo 3**).

Observamos que si hacíamos entrar el violeta, salía violeta, si era el rojo, el naranja y el amarillo, salían el rojo, el naranja y el amarillo, es decir, salían solo los colores

que entraban. Y como ya habíamos visto y veíamos también en ese momento, si entra luz blanca, salían los siete colores. Quedaba demostrado que solo la luz blanca, tiene los siete colores.

Cogemos de nuevo los filtros y los ponemos uno a uno delante del rayo de luz y les hago la misma pregunta que en el experimento 1. Y la respuesta es la misma: el color pasa por el filtro porque es transparente y, al pasar, se lleva su color.

Y les pido que pensemos en qué ha podido pasar con los demás colores.

Repetimos la secuencia: la luz blanca del sol (compuesta por los siete colores) entra en el filtro y solo sale un color. Dos respuestas:

1. Los seis colores restantes chocan con el filtro y, como no pueden pasar, se quedan en el aire.
2. Los seis colores que no pasan se quedan dentro del filtro.

Pensamos en estas dos opciones. Respecto a la primera, nos planteamos que para que pase un color, se tiene que separar de los demás y, entonces, ya no están los siete juntos y al no estar juntos y estar en el aire, deberían verse. Y no se ven.

Respecto a la segunda, pensamos que si en algún lugar entran varias cosas y sale una, el resto, ha debido quedarse dentro.

Después de nuestro pequeño debate, piensan que la segunda opción es más «de verdad» como le llamó uno.

Y entonces yo les dije que eso que hacía el filtro, quedarse con los colores, se llamaba absorber.

## Experimento 7

Les cuento cómo Newton pensando en que la luz estaba formada por esos siete colores, que nosotros no veíamos por ir todos los fotones a mucha velocidad e igual para todos, ideó un disco, al que le pusieron su nombre, que pintó con los siete colores y lo hizo girar y al hacerlo a gran velocidad, este se vio blanco.

Nosotros disponíamos de un disco, pero era demasiado grande y no lo podíamos mover con facilidad. Aun así, se veía un solo color claro, pero no blanco (**Anexo 3**).

Hice dos más pequeños que pegué sobre una peonza y al hacerlos girar, se veía casi blanco (blanco grisáceo). Finalmente, con el motor de una batidora lo hicimos girar y lo vimos blanco (**Imagen 6** y **Anexo 3**).

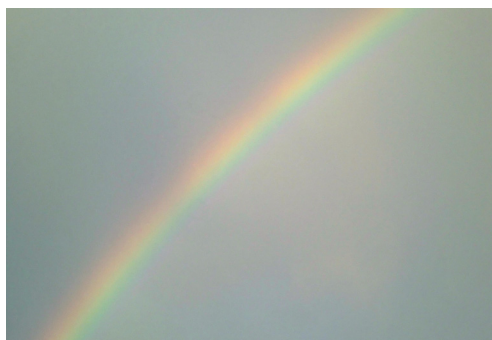
Quedaba, pues, demostrado que el blanco no era un color puro, porque estaba formado por los siete colores.



**Imagen 6.** Experiencias con el disco de Newton.

## Transposición a la naturaleza

Les pregunto si lo que le ocurre a la luz cuando atraviesa el prisma lo han visto alguna vez en algún lugar. Inmediatamente responden que en el cielo. Cada respuesta suya, genera una nueva pregunta y así tras preguntas, respuestas, sugerencias y demás, llegamos a la conclusión de que las gotas de lluvia, hacen lo mismo que el prisma, descomponer la luz cuando las atraviesan (**Imagen 7** y **Anexo 3**).



**Imagen 7.** Arcoiris.

## Dos ejemplos

**1.** En una ocasión vi cómo aparecía el arcoíris en el lavabo del baño. Nos trasladamos allí y al llegar ya no estaba sobre el lavabo pero pudieron verlo sobre la camiseta de una niña. Analizamos la situación: la luz entra por la ventana, pero para entrar, tiene que atravesar el cristal. Me dicen que el cristal descompone la luz en sus siete colores. Les pregunto por qué cuando entra por la ventana de la clase, que también atraviesa el cristal, no ocurre lo mismo. Dice una niña que el de la clase es liso y no tiene caras y este sí tiene unas cositas que son como caras.

**2.** Al entrar un día del recreo vieron un precioso arcoíris en el techo de la clase. Buscando de dónde venía, descubrieron que a un CD que se encontraba cerca de la



ventana llegaba un rayo de luz. Inmediatamente, pensaron que los fotones de la luz habían cambiado de velocidad al atravesarlo y por eso se veía el arcoíris.

## Conclusiones

### Sobre la evolución que se ha dado en el alumnado

Una vez finalizado el último experimento, decidimos realizarles tres preguntas:

Qué eran los fotones, qué pasaba cuando la luz blanca entraba en un prisma y si pensaban que el blanco era un color como cualquier otro.

A la primera, dieciocho de los veinte dieron una respuesta acertada, aunque con distinto grado de explicación. Dos contestaron «no sé», uno de ellos el niño rumano.

A la segunda, coincide en el número, es decir, dieciocho y dos, coincidiendo el niño rumano.

En la tercera, hay más variedad de respuestas:

- 4 → Sí
- 4 → No
- 2 → Es diferente porque pone las cosas claras.
- 1 → Es diferente porque no se ve. Solo se ve en el papel.
- 1 → No tiene color. Es el color de la luz y la luz no tiene color.
- 1 → Es especial y único. Es como transparente y todos los colores se pueden poner en él.
- 1 → Es especial porque es transparente.
- 1 → Es diferente porque está formado por los siete colores del arcoíris.
- 1 → Es diferente porque es el color de la luz.
- 3 → Respuestas sin sentido.
- 1 → No sé.

### Mi valoración

Con este trabajo yo pretendía tres cosas esencialmente.

Una para mí, seguir avanzando en el conocimiento de estrategias necesarias para llevar a cabo trabajos de investigación con nuestros pequeños.

Otra para ellos, seguir avanzando en el conocimiento de este tipo de trabajos en el que la observación, el generar ideas, el escuchar las de los otros, el pensar en ellas, el contrastarlas, etc. son piezas clave.

Y una tercera que hace una referencia más concreta a este trabajo y que tienen que ver con conceptos como luz blanca, dispersión de la luz, descomposición de la misma, colores luz y colores pigmento.

Creo que soy objetiva al pensar que se han cumplido los tres, en mayor o menor medida, claro está, aunque hay datos que puedan indicar lo contrario.

Habría que analizar las variables que han entrado en juego en este trabajo y que hacen que aunque en la forma sea igual al del resto de los grupos, en el fondo sea diferente.

Puede que las preguntas no fueran las más adecuadas, o que yo no las planteara de la mejor manera, o que ellos se sintieran extraños en esa situación (preguntas tipo examen, individualmente y un poco apartado del grupo), o que no hayamos dedicado tiempo suficiente a la diferenciación entre colores luz y colores pigmento.

Lo que sí se aprecia es que, en las asambleas, las respuestas son diferentes incluso en aquellos niños y niñas que siempre expresan sus ideas.

Se ve claramente en los dos ejemplos y en la transposición a la naturaleza cómo han creado un modelo de conocimientos que explica la presencia de los siete colores del arcoíris: la luz atraviesa algo que hace que cambien de velocidad los fotones y salgan separados.

Aunque este trabajo se haya dado por terminado, analizaré con ellos todo lo ocurrido desde que lo comenzamos y también, como no, las respuestas últimas.

---

### Referencias bibliográficas

OBIOLS, A. *África y los colores*. Belasco. Barcelona. 2002.

Currículo de la educación de Andalucía (Orden 5 de Agosto del 2008).

HARLEN, W. *Enseñanzas y aprendizaje de las ciencias*. Ediciones Morata. Madrid. 1998.

*Historia y evolución del pensamiento científico* [en línea] <[www.eumed.net](http://www.eumed.net)>.

La ley andaluza de educación (LEA 17/2007). Artículo 38.

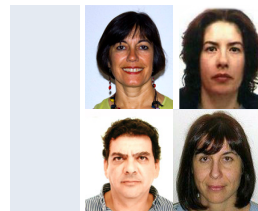
Programa El CSIC en la Escuela. Temas de investigación en enseñanzas de la ciencia en las primeras etapas de educación [en línea]: <<http://www.csicenlaescuela.csic.es/>>.

INFANTE, B. *El fotón* [en línea]: <<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/107/htm/sec/>>.

*Bits de Inteligencia (Los científicos)*. Ed. S.M. Madrid. 2001.

QUELLET, L. *Los colores en la naturaleza*. S.M. Madrid. 2004. 64 pp.

## Taller de ciencias: investigo... con los imanes



**M.<sup>a</sup> del Carmen Acosta Bono, \* Mercedes de la Torre Gordillo, Emilio Ridaura Hernández, Nuria Vázquez Fernández y Raquel Vela Boza**

*Docentes del CEIP Clara Campoamor (Bormujos, Sevilla). Andalucía*

---

### Palabras clave

Magnetismo, imán, educación, polaridad, brújula.

---

### Resumen

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 fantástica 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».

Con esta investigación hemos pretendido fomentar en los niños el pensamiento científico, formulando hipótesis, experimentando y sacando conclusiones a través de un razonamiento empírico.

Partimos del conocimiento que tienen los alumnos y alumnas sobre las leyes del magnetismo: los polos diferentes se atraen y los iguales se repelen. Mediante dos experiencias, una, cambiando la polaridad a una aguja de brújula y la otra, rompiendo un imán y comprobando que cada trozo se comporta como un imán con sus dos polos, sabremos si los niños y niñas son capaces de utilizar el modelo de dominios.

La diversidad de edades entre los niños que han participado nos ha proporcionado una gran variedad de opiniones y ha enriquecido mucho las investigaciones.

---

## Nuestro colegio

El CEIP Clara Campoamor es un Centro de Educación Infantil y Primaria, situado en la localidad de Bormujos, a unos 8 kilómetros de la provincia de Sevilla.

Es un Centro relativamente nuevo, siendo este el 6º curso que lleva funcionando. En el curso actual 2010/11, cuenta con 9 aulas de Educación Infantil y con 19 aulas de Primaria, con un total de 704 alumnos y alumnas.

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

El nivel sociocultural de las familias de nuestro alumnado es medio/alto, siendo el barrio en el que está ubicado de casas unifamiliares. La gran mayoría de las familias trabajan fuera de casa y hacen uso del comedor escolar, el aula matinal y las actividades extraescolares que el Centro ofrece a los alumnos y alumnas.

## El alumnado

El alumnado que ha realizado las investigaciones sobre el magnetismo ha sido: una clase de Infantil 5 años, dos cursos de 2º de Primaria y dos de 3º de Primaria.

El número de alumnado por clase es elevado:

- 26 alumnos de Infantil 5 años, de edades comprendidas entre 5 y 6 años.
- 54 alumnos de las dos clases de 2º de Primaria, con edades de 7 y 8 años.
- 48 alumnos de las dos clases de 3º de Primaria, con edades de 8 y 9 años.

Estos 128 niños y niñas han estado trabajando el magnetismo en años anteriores según el método científico: observando, manipulando, formulando hipótesis, realizando experimentos y sacando conclusiones. Han descubierto las leyes del magnetismo por ellos mismos manipulando imanes de diferentes tipos, han profundizado en la procedencia de los imanes, para qué sirven y, sobre todo, cómo se comportan y cuáles son sus características. También han conocido la brújula, han descubierto el magnetismo inducido y cómo los imanes pueden atraer bajo el agua experimentando con materiales magnéticos y no magnéticos.

## Objetivo de la investigación

Conocer si el alumnado emplea el modelo de dominios en las siguientes situaciones:

- a) Cambiando la polaridad a un imán.
- b) Partiendo un imán y comprobando que cada trozo mantiene todas sus propiedades magnéticas.

## Descripción de la investigación

### Cambiar la polaridad a un imán

El procedimiento que hemos llevado a cabo ha sido el siguiente: cogemos 3 agujas de brújulas iguales y comprobamos que todas se orientan hacia el mismo sitio, es decir, la parte roja indica el norte geográfico.

A una de ellas le cambiamos la polaridad acercándole un imán de neodimio; el extremo rojo de la aguja se pone en contacto con el polo norte del imán, con lo que se invierte la polaridad de esa aguja. El extremo rojo se ha convertido en polo sur y el otro extremo en polo norte.

### Desarrollo de la investigación en Educación Infantil

En este experimento partimos de la idea que tienen los niños y niñas sobre qué es una brújula y para qué sirve. Coincidían todos en que la brújula sirve para saber dónde has de ir y cómo llegar al sitio que buscas. También sabían que la brújula tiene una aguja y que puede indicar hacia el norte y hacia el sur.

Esta era la hipótesis de la gran mayoría:

«No todas las agujas marcan al norte porque, si se sacan de la brújula, no marcan nada».

Comenzamos nuestro experimento comprobando que las tres agujas de brújula indicaban hacia el norte. Ahora bien, al acercar mucho la aguja (a la que se le ha invertido la polaridad) a nuestro imán más potente por los mismos polos, pudieron observar que la aguja indicaba hacia el sur. «La aguja se ha dado la vuelta» —afirmaba la mayoría— «por culpa de pegarlo a la fuerza con el polo que antes se repelía».

Llegaron a las siguientes conclusiones:

- El imán se pega porque es electromagnético (Victoria).
- Al tener un «superimán» con la máxima potencia, conseguimos cambiar la aguja de la brújula para que indique hacia otro lado (Diego).
- Este experimento se puede explicar porque la Tierra tiene fuerza que nos pega al suelo, nos atrae; por eso cuando saltamos volvemos al suelo (Siria).

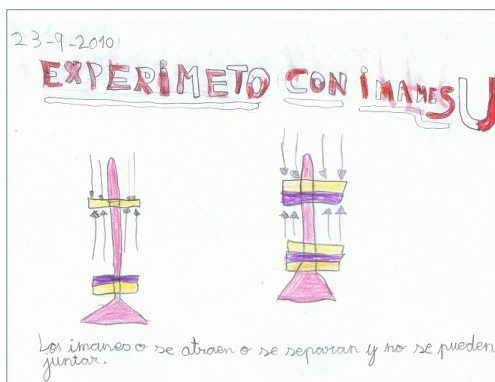


- Un imán tiene imanes pequeños (Francisco).
- Ahora se pega por el mismo color (Andrés).

## Desarrollo de la investigación en 2º de Primaria

Una vez experimentado con los imanes, conocido los polos del imán, averiguado cuáles son los polos que se atraen y los que se repelen, investigado cómo se orientan y sacado conclusiones acerca de la orientación del aula, realizamos el experimento, anteriormente explicado, de cambiar la polaridad a una aguja de brújula.

Los alumnos/as experimentan con las agujas de las brújulas. Todos, en general, conocen su funcionamiento y, rápidamente, ubican la dirección donde se encuentra el norte.



Tras realizar el experimento de cambio de polaridad, se les pregunta qué han observado y qué conclusiones sacan de ello.

La mayoría observa que la brújula se comporta de distinta manera y explican que la aguja se ha estropeado porque no marca hacia el norte como las otras dos agujas.

Otros alumnos/as relacionan el comportamiento extraño de la aguja de la brújula por unirla con el imán de neodimio. Tras una breve discusión observan que la brújula, ahora, apunta justo al revés que las otras dos que no se unieron al imán de neodimio. Llegan a sugerir que los polos del imán se han cambiado (**Imagen 1**).



**Imagen 1.** Ilustraciones que describen los experimentos.

Las hipótesis de los niños y niñas han sido las siguientes:

- Las agujas están hechas de magnetita (Marta B.).
- La fuerza del imán está por los filos (Fernando).
- La aguja se ha dado la vuelta y ahora indica al revés (Carla).

- Que el imán tiene mucha potencia y traspasa la potencia hasta el hierro y se pega (Iván L).
- El imán grande ha «mareado» a la aguja y la ha cambiado (Andrés).
- Creo que ahora se ha cambiado, porque el sur se pega con el sur del otro imán y el norte con el norte (Mercedes).
- Cuando hemos juntado una aguja de brújula a un imán muy potente, este le ha pegado la «magnetizad» y se ha cambiado la aguja (Judit).
- Yo creo que la aguja también es un imán pequeño (Diego).

## Desarrollo de la investigación en 3º de Primaria

Comenzamos enseñando a los alumnos/as las tres agujas de las brújulas; algunos piensan que, efectivamente, son agujas de brújulas. Una niña dice que «es una aguja de reloj, pero luego se retracta»; y otros no contestan.

Les enseñamos una brújula para que comprueben que la aguja es igual que las que les hemos mostrado anteriormente, solo que estas se han extraído de otras brújulas.

Cuando les preguntamos para dónde está marcando la flechita de la brújula, algunos contestan que al norte y otros que al sur y otros no saben.

Recordamos entonces para qué servía una brújula. Algunas de las explicaciones que dan son: «para saber a dónde tienes que ir, para guiarte».

Al final, se ponen de acuerdo en que la flecha marca al norte y un alumno señala que lo pone en la brújula, que la N significa norte; aunque algunos siguen sin tener claro que siempre apunte hacia ese sitio, estén en el lugar que estén.

Les preguntamos por qué se mueven las flechitas de las brújulas y una niña contesta que «por el movimiento de rotación o de traslación de la Tierra».

**?** ¿Creéis que las tres agujas que os hemos enseñado apuntarán todas al mismo sitio o no?

La mayoría contesta que sí y algunos opinan que apuntarán a sitios diferentes.

Decidimos hacer la comprobación y todos observan que las tres agujas apuntan hacia el mismo sitio, al igual que la brújula que teníamos de muestra, por lo que, ahora, todos y todas se ponen de acuerdo en que apuntan hacia el norte.

Les volvemos a preguntar por qué y un alumno contesta que «porque la fuerza magnética de la Tierra atrae a los imanes hacia el norte».

? Entonces, ¿la Tierra tiene fuerza magnética?

La mayoría responde que sí.

? ¿Sabéis qué son o de qué están hechas las agujas de las brújulas que hemos observado?

Unos dicen que son imanes, otros que son de metal y otros no están seguros. Una niña explica su argumento de por qué cree que son imanes: «porque si la Tierra tiene fuerza magnética, si los polos son diferentes, el imán que tiene la Tierra, atrae a las agujas» (María).

Ponemos un objeto de metal (un alambre) para ver si se mueve como las agujas de las brújulas y, efectivamente, todos observan que no se mueve, llegando a la conclusión de que las flechas de las brújulas son imanes.

Continuamos con el experimento acercando el imán de neodimio a las agujas, los niños y niñas comprueban que los polos opuestos se atraen y los polos iguales se repelen. Cuando cambiamos la polaridad de las agujas, observan que ahora se atraen los polos iguales.

Las hipótesis de algunos niños y niñas han sido las siguientes:

- Como el imán de neodimio es tan fuerte, la fuerza atraviesa los polos de las agujas y hace que se cambien.
- El imán de neodimio es tan potente que hace que se cambien las fuerzas de los imanes.

Otros observan que al unir el polo norte del imán de neodimio al norte de las agujas y a la inversa, la polaridad de las agujas cambia, pero no saben explicar este proceso con sus palabras.

Conclusiones finales a las que llegan los alumnos y alumnas:

- Las agujas de las brújulas son imanes (Javi).
- Las flechas de las brújulas apuntan al norte (Gabriela).
- La Tierra posee fuerza magnética y es la causante de que las flechas de las agujas apunten al norte (al actuar como un gran imán) (Manuel).

- En los imanes, los polos opuestos se atraen y los iguales se repelen, sin embargo, un imán muy potente como el de neodimio, puede hacer que la polaridad cambie, al unir los polos iguales: norte con norte y sur con sur (Daniel).

## Partimos un imán y vemos qué ocurre con los trozos

Partimos un imán en dos trozos (mejor que sean desiguales) y observamos que cada trozo se comporta como un imán, es decir, tiene todas las propiedades del imán, con sus dos polos: norte y sur.

### Desarrollo de la investigación en Educación Infantil

Ante la idea de romper un imán todos los niños y niñas se mostraron entusiasmados y deseosos de dar respuesta a sus conjeturas. Sus ideas previas habían sido variopintas: unos pensaban que, al romperse, el imán no «pegaría» más; otros, sin embargo, defendían la siguiente hipótesis: «si rompemos un imán, algo se queda dentro y podría pegar pero solo por un lado»; otra alumna, que veía la investigación con mayor sencillez que los demás, aportó la siguiente hipótesis: «al romper el imán cada parte se convierte en otro imán y cada trozo, a su vez, conservará sus propiedades y será capaz de pegar por los dos lados».

Finalmente, después de realizar la experiencia, todos y todas coinciden en que cada imán tiene uno por dentro o, incluso, muchos imanes pequeñitos y esto hace posible que vuelvan a «pegar».

Seis de los 26 niños/as mantienen que el imán roto solo tiene un polo, los otros 20 niños/as aseguran, sin lugar a dudas, que el imán roto tiene dos polos y que podemos comprobarlo acercando otro imán.

En definitiva, decidieron que el imán, aunque no tuviera colores, podía romperse y mantener la polaridad, insistiendo en que dentro de cada imán hay otros más pequeñitos (**Imagen 2**).



Imagen 2. Ilustración del experimento realizada por una alumna.

## Desarrollo de la investigación en 2º de Primaria

En un primer momento los alumnos/as experimentan con la polaridad norte - sur de los imanes. Acercan dos imanes a través de sus polos opuestos y observan que se «pegan». Al acercar los dos imanes por la parte en que coinciden los mismos polos, comprueban que se repelen.

El imán que se usa en el experimento está pintado de 2 colores para diferenciar su polaridad: la mitad de rojo que corresponde al polo norte y la otra mitad de color blanco que es el polo sur.

Al romper el imán en dos mitades, se crean dos partes, una parte de un solo color rojo y otra de color blanco y un trozo pequeño de rojo. Hipótesis del alumnado:

- «El trozo de color rojo es solo el polo norte y el trozo que tiene los dos colores tienen los dos polos, aunque uno sea muy pequeño».

Procedemos a comprobar esta hipótesis juntando uno de los extremos del trozo roto del imán con el extremo de otro imán sin partir y observamos que se repele con la parte norte del otro imán. Nuestra hipótesis, por tanto, era falsa; si los polos de diferente color se atraen, y ahora se repelen, será porque el extremo del imán roto (coloreado de rojo) ahora es un polo sur. Los alumnos/as llegan a la conclusión de que la parte de imán de color rojo no es de un solo polo, sino que realmente tiene los dos polos como cualquier imán.

Acercamos el otro extremo del imán partido y comprobamos que era un polo norte.

Una de las reflexiones de los alumnos:

- «Si rompemos un imán, le da como un polvito a la parte roja y la otra parte le da un polvito a la parte blanca, por eso sigue siendo un imán completo» (Adrián).

Tras comprobar que, efectivamente, cada trozo del imán partido volvía a tener los dos polos diferentes (aunque no señalados por el color), nos surgió una duda: ¿tendrá el trocito de imán la misma fuerza que el imán entero?

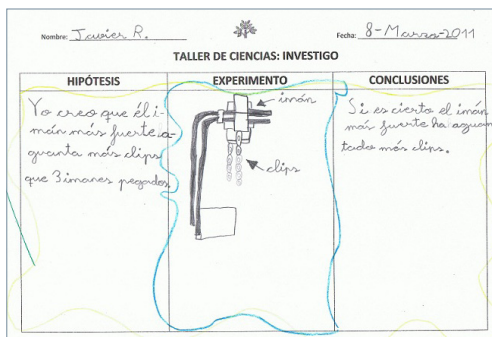
Estas fueron las hipótesis de los niños y niñas:

- Yo creo que no se pegarán tantos clips al trozo de imán, como al imán entero (Laura O.).

- Yo creo que un trocito de imán puede tener la misma fuerza que un imán grande (Marta B.).
- Creo que un trocito chico de imán no tiene tanta fuerza (Aída).
- Yo creo que el imán más potente le ha dado la fuerza (Alejandro).

Entre todos diseñamos cómo podríamos comprobar esto y colocamos en un soporte metálico el imán entero, poniéndole varios clips, uno a continuación del otro (aguanta 5 clips). Luego, cambiamos el imán entero por el trozo de imán y comprobamos que aguanta también 5 clips, por lo que llegamos a estas conclusiones: **(Imagen 3)**

- Un trocito de imán puede tener la misma fuerza que un imán grande (Marta B.).
- Tienen la misma fuerza, pero no la misma altura (Mario).
- Yo creo que el imán más potente le da más fuerza al clip y lo convierte un rato en imán (Judit).
- Yo tenía una parte de la hipótesis, se han pegado unos cuantos clips, pero luego se cayeron y por eso tengo una parte de razón en mi hipótesis (Laura O.).



**Imagen 3.** Cuaderno de hipótesis y conclusiones de un alumno. Fuerza del imán.

## Desarrollo de la investigación en 3º de Educación Primaria


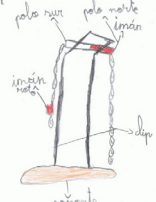
Enseñamos el imán que vamos a romper, con el polo norte pintado de rojo y el polo sur de blanco, y comprobamos que tiene las propiedades propias de un imán: atrae objetos metálicos con hierro, se atrae con los polos opuestos de otro imán y se repele con los iguales.

Una vez hechas estas comprobaciones, partimos el imán y preguntamos qué piensan que le habrá sucedido a cada parte. Sus hipótesis son las siguientes:

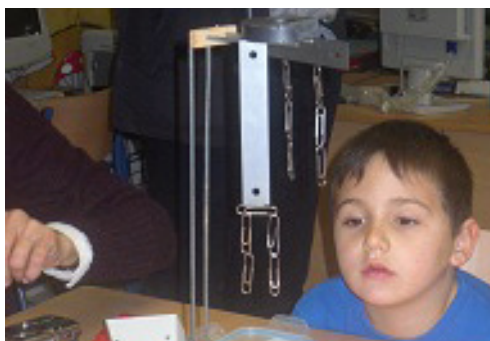
- Cuando se rompe, se crean dos imanes y los dos siguen teniendo dos polos (Manuel).



- Yo creo que la parte roja es un polo norte, porque no tiene nada de blanco (María).
- Nosotros creemos que se han traspasado fuerzas dentro del imán al romperse (Luis y Alejandro).
- Pienso que los imanes, por dentro, tienen trocitos más pequeños (Paula).

Nombre: <u>Alejandro</u>  Fecha: <u>18-3-2011</u>		
TALLER DE CIENCIAS: INVESTIGO		
HIPÓTESIS	EXPERIMENTO	CONCLUSIONES
Yo creo que el imán más potente le ha dado la fuerza.		Si es verdad el imán más potente le ha dado la fuerza.

Después, experimentamos con el imán roto; cogemos otro imán entero con sus polos bien diferenciados y lo acercamos a los extremos de los dos trozos del imán roto, llegando a la conclusión de que cada parte actúa como un nuevo imán, con sus dos polos bien diferenciados (**Imagen 4**).



**Imagen 4.** Cuaderno de hipótesis y conclusiones de un alumno. Determinación de la fuerza del imán.

## Nuestras conclusiones

Pensamos que el experimento del cambio de polaridad les ha resultado muy difícil. Aún con la experiencia en el manejo de imanes, mantenían sus dudas y avanzaban poco en sus conclusiones.

Sin embargo, después de cuestionar en clase sus ideas previas y de conocer sus inquietudes, el experimento de romper un imán y comprobar que la polaridad se mantiene en todos los trozos en que se ha roto, les ha resultado mucho más evidente, llegando a conclusiones muy interesantes y surgiendo, incluso, nuevas hipótesis que han dado pie a nuevas comprobaciones.

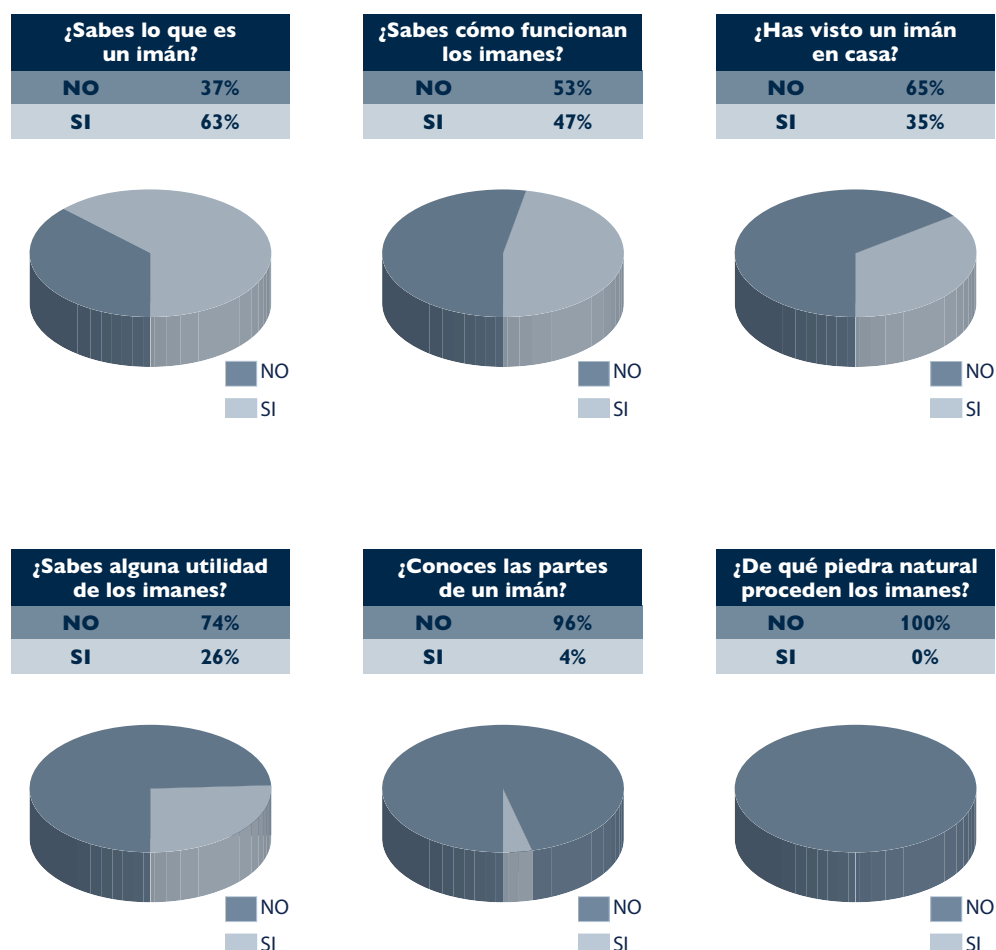
Los alumnos y alumnas creían que se trataba de un imán con dos polos, en el que tenía más fuerza la parte más grande y menos fuerza la parte más pequeña. Después de experimentar con este imán, han comprobado que tiene la misma fuerza en los dos polos.

También han llegado a deducir que el imán en el que, aparentemente, es más grande el polo sur (color blanco) que el polo norte (color rojo), se comporta igual que un imán sin romper, comprobando que tienen ambos polos la misma fuerza de atracción.

Llegamos a la conclusión de que cuando un imán se parte en dos mitades, independientemente de su tamaño, se convierte en dos nuevos imanes.

A continuación, presentamos unos gráficos con las ideas previas que tenía el alumnado de Primaria, antes de iniciar el trabajo del magnetismo, y las ideas que tienen ahora tras haber experimentado con los imanes y descubierto sus propiedades (**Gráfico 1** y **Gráfico 2**).

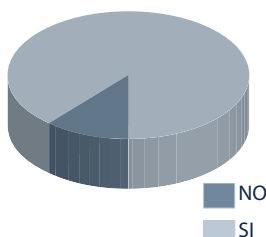
## IDEAS PREVIAS EN PRIMARIA



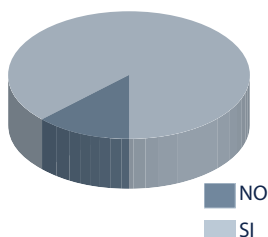
**Gráfico 1.** Ideas previas en Primaria.

## IDEAS DESPUÉS DEL APRENDIZAJE

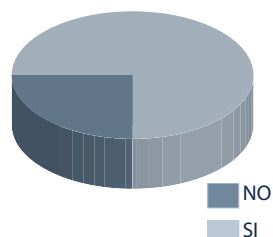
¿Sabes lo que es un imán?	
<b>NO</b>	<b>8%</b>
<b>SI</b>	<b>91%</b>



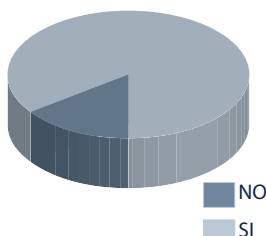
¿Sabes cómo funcionan los imanes?	
<b>NO</b>	<b>12%</b>
<b>SI</b>	<b>88%</b>



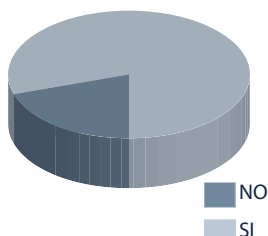
¿Has visto un imán en casa?	
<b>NO</b>	<b>25%</b>
<b>SI</b>	<b>75%</b>



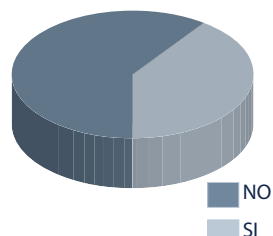
¿Sabes alguna utilidad de los imanes?	
<b>NO</b>	<b>15%</b>
<b>SI</b>	<b>85%</b>



¿Conoces las partes de un imán?	
<b>NO</b>	<b>20%</b>
<b>SI</b>	<b>80%</b>



¿De qué piedra natural proceden los imanes?	
<b>NO</b>	<b>60%</b>
<b>SI</b>	<b>40%</b>



**Gráfico 2.** Ideas posteriores a la investigación.

A la vista de las gráficas presentadas, antes de empezar a trabajar con los imanes y al final de todo el proceso, podemos afirmar que el aprendizaje significativo del alumnado ha sido considerable.

Estamos muy satisfechos del trabajo realizado, los niños y niñas siempre se han mostrado receptivos, motivados e ilusionados con la investigación. Les ha fascinado la experimentación con los imanes y ellos mismos han ido descubriendo las leyes del magnetismo.

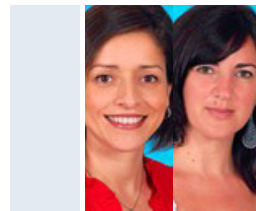
Finalizaremos con una cita de Leonardo da Vinci: «Son vanas y están plagadas de errores las ciencias que no han nacido del experimento, madre de toda certidumbre».

---

### Referencias Bibliográficas

- LÓPEZ SANCHO, J. M.; GÓMEZ DÍAZ, M. J.; REFOLIO REFOLIO, M.<sup>a</sup> C.; LÓPEZ ÁLVAREZ, J. M. *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, A. *El gran libro de los experimentos*. Madrid. San Pablo. 2002. 262 pp.
- RODRÍGUEZ, A. *Electricidad & magnetismo*. Parramón. 2002.
- JOHNSON, G. *Los 10 experimentos más hermosos de la ciencia*. Ariel. 2008.
- MOORE, P. *Pequeñas grandes ideas*. Ciencia. Oniro. 2009.

## Los «dominios» infantiles



**M.ª José Martín Bonilla\* y  
Leticia Mata Cabrera**

*Maestras del CEIP Monteolivo (Castilleja de Guzmán, Sevilla). Andalucía*

---

### Palabras clave

Dominio, magnetismo, infantil, polos, imanes.

---

### Resumen

¿El juego de la investigación o la investigación como un juego?

El orden de los conceptos no determina su importancia en los procesos de enseñanza-aprendizaje en nuestros alumnos/as ya que, a través de ambos, juego e investigación, se llega a alcanzar un alto grado de consecución de los objetivos perseguidos: comprender la ciencia y el mundo que nos rodea.

Los niños y niñas de 5 años del CEIP Monteolivo de Castilleja de Guzmán (Sevilla) han investigado y/o han jugado con los imanes y con el magnetismo para poder llegar al modelo de dominio magnético.

---

## Introducción: la ciencia y el currículo de infantil

La adquisición de los conocimientos científicos mediante experimentos y juegos fomenta el desarrollo del pensamiento y además proporciona un ámbito favorable para la integración y el respeto por los demás.

Ciencia e investigación están sumergidas en todo el currículo de Infantil como eje-guía para el proceso de enseñanza-aprendizaje convirtiéndose en una herramienta infalible para la enseñanza de los contenidos de forma globalizada, según lo recogido en el Decreto 428/2008, de 29 de julio, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas correspondientes a la Educación Infantil en Andalucía.

En la Orden de 5 de agosto de 2008, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Infantil en Andalucía, queda reflejada la importancia de la investigación incluso en los Objetivos Generales de la Etapa, y, concretamente-

.....  
\* E-mail de la autora: 41008301.edu@juntadeandalucia.es.

te, en su objetivo d) «Observar y explorar su entorno físico, natural, social y cultural, generando interpretaciones de algunos fenómenos y hechos significativos para conocer y comprender la realidad y participar en ella de forma crítica». Es decir, se pretende presentar las distintas situaciones del entorno y promover en nuestro alumnado la observación, la exploración, la experimentación y la investigación de esas realidades para estimular el interés por su conocimiento.

Desde nuestra perspectiva, «investigar sobre la ciencia en el aula» posee, por tanto, una doble vertiente: por un lado, la investigación realizada por los niños y niñas como competencia para la adquisición de conocimientos y, por otro, la investigación realizada por los maestros/as con el objetivo de descubrir cómo se produce dicha adquisición de conocimientos, es decir, cómo los alumnos/as de nuestras clases llegan a adquirir los conocimientos mediante la experimentación y la investigación.

## La ciencia en el aula: iniciación al método científico

Nuestra andadura en la enseñanza de las ciencias en los primeros niveles educativos se inicia hace 3 años en el CEIP Monteolivo de Castilleja de Guzmán (Sevilla). La investigación, por tanto, se ha llevado a cabo con un conjunto de niños/as que están familiarizados con el método científico y la experimentación como base de la construcción de conocimientos. Durante el curso 2008/09, en el primer nivel de Infantil, abordamos la temática del magnetismo, mediante el juego y experimentación con los imanes.

Las principales características del grupo de control son las siguientes:

- N.º de alumnos/as: 40, de ellos 22 son niños y 18 niñas. El nivel de desarrollo cognitivo es prácticamente homogéneo (acorde a su edad), siendo un grupo bastante adaptado socialmente.
- Edad: 5 años, aproximadamente; la mitad del alumnado ha nacido en el primer semestre y la otra mitad en el segundo semestre.
- Origen: la mayoría son niños y niñas nacidos en la localidad, Castilleja de Guzmán, concretamente en una urbanización separada del centro y que sirve de pueblo dormitorio de la capital, siendo el nivel socio-económico de la zona medio-alto y con una alta implicación de las familias en la educación de sus hijos/as.



Para llevar la ciencia al aula no necesitamos laboratorios ni batas de científicos, tan solo un pequeño rincón, el «Rincón de la ciencia» y nuestra planificación de aula para convertirlo en realidad: sesiones semanales de unos 30 minutos, aproximadamente, en las que alternamos la parte práctica y teórica con distintos tipos de agrupamientos y gran variedad de actividades manipulativas en las que los niños/as son los protagonistas: nuestros pequeños grandes científicos.

## Investigación: el modelo de dominios

La labor de investigación relativa al modelo de dominios magnéticos ha sido desarrollada en el mes febrero de 2011. Previamente se han llevado a cabo los experimentos para su correcta comprobación, así como un guion general para el desarrollo lógico de la investigación, que pasamos a secuenciar en varias fases.

### Fase inicial: feedback e ideas previas

Al comenzar la sesión de investigación realizamos un proceso de recuerdo-feedback para la recogida de información sobre los conocimientos e ideas previas que tienen los niños/as.

Al preguntar acerca de los imanes, todos mostraron gran interés en participar, puesto que recordaban bastantes cuestiones relativas al magnetismo. Por ejemplo, al preguntar qué es un imán y a qué objetos atraen respondieron con rapidez: «a los que son metales,» «a los que son de hierro».



**Imagen 1.** Ilustración de las leyes de los imanes.

También tenían bastante claras las leyes de los imanes relativas a los colores-polos, así que ellos podían diferenciar que si se acercan dos imanes por el mismo color, «se repelen», «se separan», «no quieren y dan vueltas»... y que si los acercamos por colores distintos, «que sí se pegan», «que se acercan», «sí se quieren»... y que sus lados se llaman «Polo Norte y Polo Sur» (**Imagen 1**).

Al recordar los experimentos con la brújula, los niños/as la definieron como «una cosa redonda que tiene una aguja y que si no sabes dónde estás te indica dónde tienes que ir».

A medida que se van realizando las preguntas vamos experimentando con los imanes y con las brújulas de forma que se van confirmando todas las ideas y se refuerzan los conocimientos que ya tienen adquiridos.

En esta fase inicial, el 100% del alumnado conocía el comportamiento de los imanes y la existencia de los polos magnéticos y un 60% era capaz de decir qué era una brújula y para qué servía.

## Fase de investigación: ideas previas, experimentación y comprobación

Partimos de que el objetivo de esta investigación es que los niños sean capaces de utilizar el modelo de dominios para explicar que los polos se pueden cambiar a voluntad.

Para continuar con el proceso y como recogida de ideas previas, se plantean una serie de cuestiones que son las que queremos obtener después de la propia investigación y poder llegar al modelo de dominios.

Al preguntar sobre qué hay dentro de un imán, las respuestas recogidas fueron estas:

- «Hay hierro con una parte que se pega en el imán».
- «Hay otro imán».
- «Dentro del imán hay otro imán y dentro hay otro imán y otro y otro».
- «Hay una fuerza».
- «Hay hierro y plata».
- «Hay varias fuerzas que se quieren pegar a otro imán».
- «Hay un campo magnético».
- «Hay plumas de hierro» (hace referencia a líneas del campo magnético que forman las limaduras de hierro en presencia de un imán).



Imagen 2. Ilustración de la experiencia.

Aproximadamente, el 25% hace referencia al hierro, otro 25% menciona algo relacionado con las fuerzas, un 40% se refiere al campo magnético y un 10% comenta que dentro de un imán hay otro imán.

Pasamos a realizar el 1<sup>er</sup> experimento que consiste en comprobar la polaridad de la aguja de una brújula con un imán y, posteriormente, tocar este con un imán de neodimio (**Imagen 2**).

Este último lo presentamos como un super-imán de gran fuerza con el que hay que tener gran cuidado. Después, volvemos a ver el comportamiento del imán y preguntamos qué debería pasar y qué pasa realmente: «¡rojo con rojo se atrae!» «pero los imanes se atraen si tienen distintos colores»....

Les hacemos reflexionar sobre lo que ha ocurrido y los niños/as reconocen que ha habido un cambio después de que «acercáramos el imán al super-imán fuerte». Incluso ellos mismos proponen una posible solución: «seguro que si lo volvemos a pegar al super-imán cambiamos otra vez el rojo con el rojo».

Varios niños contestan sin dudar a la pregunta de dónde tendría este imán ahora los polos, comprobando posteriormente que tiene los polos invertidos. Aproximadamente 25% de los alumnos/as llega a asimilar este concepto de cambio de polaridad y es capaz de verbalizarlo.

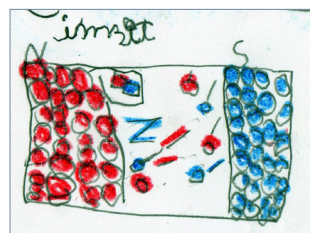
Acercamos el imán al revés al super-imán y los niños/as dramatizan el gesto de unir los imanes aplicando gran fuerza porque los polos opuestos se repelen. Acercamos los dos polos, para asegurarnos que se cambia correctamente la polaridad.

Efectivamente, comprobamos que el imán vuelve a tener sus polos bien situados.

Posteriormente preguntamos el porqué de este suceso y las respuestas más significativas fueron:

- «El imán tiene un truco de ciencia muy fuerte dentro».
- «Se ha acercado el super-imán y la super-fuerza ha hecho que el polo rojo se pegue al polo rojo y que el azul se pegue al azul y después lo ha vuelto a cambiar».
- «La super-fuerza puede haber vuelto el imán hacia arriba y por eso se da la vuelta».

Al hilo de todas estas respuestas, preguntamos qué era lo que había cambiado en los imanes y contestaron varios alumnos/as que había «otros imanes más chicos que se dan la vuelta», con lo que llegamos a los dominios y a su cambio de polaridad (**Imagen 3**).



**Imagen 3.** Ilustración: interpretación de los dominios, donde no se les concibe como pequeños imanes al dotarlos de un solo polo.

Les explicamos que los científicos llaman a estos pequeños imanes «dominios magnéticos» y que se pueden cambiar si se le aplica una fuerza muy grande como la del super-ímán.

Con objeto de que todos los niños/as pudieran visualizar el experimento, realizamos el siguiente juego: convertimos a los alumnos/as en pequeños imancitos que, colocados cada uno sobre una losa y todos orientados hacia el mismo sitio, formaban un gran imán. Les indicamos que nuestra cara es nuestro polo norte y nuestra espalda es el polo sur, de forma que cada imancito solo se puede mover girando sobre sí mismo según el imán que lo oriente. Es decir, al mostrarles el polo norte del imán, ellos se daban la vuelta y mostraban su espalda-polo sur (**Imagen 4**).

Para concluir con este primer experimento, volvemos a preguntar qué hay dentro de un imán y volvemos a recoger las mismas respuestas aunque en distintas proporciones: aproximadamente el 15% hace referencia al hierro, otro 15% menciona algo relacionado con las fuerzas, un 25% se refiere al campo magnético y un 45% afirma que dentro de un imán hay otros imanes, por lo que las ideas previas, tras la experimentación han cambiado.



**Imagen 2.** Ilustración de la experiencia.

Además uno de los alumnos propone que «si partimos con un hacha los imanes, ahí están los imanes pequeñitos», dándonos pie para continuar con el modelo de dominios magnéticos y el segundo de nuestros experimentos.

Preguntamos qué pasaría si partiésemos un imán, obteniendo respuestas tan interesantes como:

- «Saldrán los imanes pequeñitos».
- «Que los trozos de imanes ya no pegan».
- «Que se rompen por la mitad».
- «Que podremos ver el campo magnético».

Presentamos dos imanes exactamente iguales y partimos uno de ellos, quedando dos trozos asimétricos. Lo primero que observan es que «no se ve el campo magnético» o que «solo se ve metal».

Les planteamos la duda sobre si los trozos de imanes, actuarían también como imanes, así que varios niños/as se ofrecen a comprobar físicamente que, al acercarlos a otro imán, por un lado se repelían y por el otro se pegaban, ocurriendo lo mismo en los dos trozos. Fácilmente dedujeron que al partir un imán, sus trozos también se comportaban como imanes (**Imagen 5**).

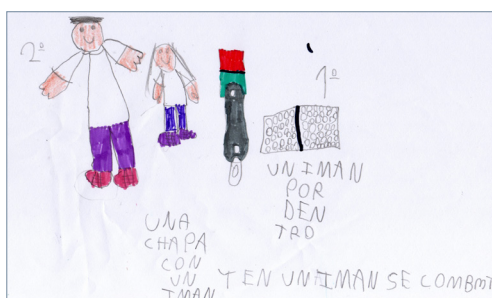
Volvimos a hacer la representación dramática del imán con los alumnos/as, de manera que «partimos» el imán separando a los niños/as que están colocados y orientados como dominios magnéticos. Así pudimos comprobar que los alumnos/as habían entendido que aunque se rompan los imanes, siguen teniendo dos polos, porque cada niño/a seguía teniendo su polo norte (cara) y su polo sur (espalda).



**Imagen 5.** Ilustración de la experiencia.

Dibujamos un imán en una pizarra y en su interior representamos los dominios magnéticos todos ordenados y bien orientados en el mismo sentido tal y como se habían colocado los niños/as. Preguntamos qué pasaría si esos imancitos hubiesen estado desordenados. La respuesta fue clara y concisa «ese imán podría ser una chatarra enorme», «claro, si están desordenados, no son imanes».

Para confirmar la hipótesis que los propios niños estaban planteando, utilizamos un imán y un trozo de metal liso y comprobamos que el imán sí era capaz de atraer a un clip, pero la chapa no lo atraía. Sin embargo, al unir la chapa al imán, este actuaba como imán inducido y se pegaba también el clip, por lo que los niños también plantearon que dentro de la chapa había dominios magnéticos. El 90% de los niños/as fue capaz de afirmar que al quitar el imán, se caería el clip (**Imagen 6**).



**Imagen 6.** Ilustración de la experiencia.

## Conclusiones

A modo de resumen, podemos decir que a través de esta investigación, los niños han descubierto que la diferencia entre materiales magnéticos y no magnéticos está en si sus dominios están o no ordenados.

A pesar de ser el magnetismo una fuerza que no se puede ver, los alumnos/as han sido capaces de llegar al modelo de dominio magnético gracias a la observación y manipulación, la reflexión y el juego compartido. Prueba de ello son los dibujos que se muestran en este documento, realizados por los alumnos y alumnas después del proceso de investigación.

## Agradecimientos

A D. José Luis Guisado, padre de una alumna, físico y profesor de la Universidad de Sevilla, por su inestimable colaboración en la sesión de investigación así como por su interés y apoyo.

A Dña. Consuelo Palacios, asesora del CEP de Castilleja de la Cuesta, por su fuerza, su energía y constante soporte en nuestra labor investigadora y educativa.

---

### Referencias bibliográficas

Decreto 428/2008, de 29 de julio, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas correspondientes a la Educación Infantil en Andalucía.

Orden de 5 de agosto de 2008, por el que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Infantil en Andalucía.

LÓPEZ SANCHO, J. M.; Gómez Díaz, M. J.; REFOLIO REFOLIO, M.<sup>a</sup> C.; LÓPEZ ÁLVAREZ, J. M. *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.

# Azúcar, algo más que un dulce



**Elisa I. Fernández Franco\* y  
Berta Rojas González**

*Maestras del CEIP Padre Manjón (Bormujos, Sevilla). Andalucía*

---

## Palabras clave

Azúcar, agua, mezcla, disolución, molécula.

---

## Resumen

El presente trabajo pretende aproximar a los alumnos y alumnas de 3 años al método científico, mediante la realización de diversos experimentos con disoluciones de azúcar en agua. Hemos estudiado con ello la permanencia de la materia y las propiedades del agua, acercando de este modo a los niños y niñas al conocimiento de una nueva terminología científica y a un aprendizaje más significativo.

---

## Análisis del contexto

El Colegio Público Padre Manjón, donde desarrollamos esta experiencia, está situado en Bormujos, en el Aljarafe sevillano, a 8 km de la capital andaluza. Dicha localidad ha experimentado un crecimiento poblacional muy notable debido a la cercanía a Sevilla y a la construcción de un Hospital y una Universidad. En la localidad hay cuatro centros de Educación Infantil y Primaria, siendo el CEIP Padre Manjón el más antiguo de la localidad. Está situado en el centro del pueblo y la mayoría de las familias tienen un nivel sociocultural medio.

El presente proyecto se ha realizado con dos grupos, A y B, de tres años de edad: el grupo A formado por 11 niños y 11 niñas y el grupo B formado por 7 niños y 13 niñas. Algunos de estos niños asisten por primera vez a un centro educativo, partiendo de cero en lo que se refiere al trabajo con el método científico (**Imagen 1**).

Hemos tenido en cuenta las características psicoevolutivas que presentan los niños y niñas de esta edad a la hora de realizar los experimentos: pensamiento intuitivo y concreto y adquisición del conocimiento del mundo que les rodea a través de

.....  
\* E-mail de la autora: elisabette2@hotmail.com.



los sentidos y de las emociones. A esta edad se es extraordinariamente imaginativo, tanto que en muchas ocasiones confunden realidad con fantasía. Su capacidad de atención no es muy constante, por lo que hemos procurado, ser claras y concisas en los procesos desarrollados.



**Imagen 1.** Las clases protagonistas de la experiencia.

## Sesiones

La investigación se ha llevado a cabo en nueve sesiones y el tiempo de duración de las mismas ha sido variable: algunas experiencias se han realizado y resuelto en el día y otras, por el contrario, se han realizado en varios, al tener que esperar para ver el resultado hasta el día siguiente o, en el caso de la evaporación, al tener que registrar mediciones quincenales durante tres meses.

## Relación con el currículo de Educación Infantil

El presente proyecto está integrado en el currículum de Educación Infantil, teniendo como referente los objetivos generales del decreto 428/2008 de 29 de julio, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas correspondientes a la Educación Infantil en Andalucía, concretamente:

- Observar y explorar su entorno físico, natural, social y cultural, generando interpretaciones de algunos fenómenos y hechos significativos para conocer y comprender la realidad y participar en ella de forma crítica y mostrando interés por su conocimiento.
- Interesarse por el medio físico, observar, manipular, indagar y actuar sobre objetos y elementos presentes en él, explorando sus características, comportamiento físico y funcionamiento, constatando el efecto de sus acciones sobre los objetos y anticipándose a las consecuencias que de ellas se derivan.

## Contenidos

- Observación de fenómenos del medio natural. Formulación de conjeturas sobre sus causas y consecuencias.

## Competencia en el conocimiento e interacción con el mundo físico

Para potenciar el espíritu crítico en la observación de la realidad se iniciará al alumnado en el pensamiento científico y se potenciarán sus habilidades de investigación: formular interrogantes, reconocer evidencias, observar, verificar, predecir, generar nuevas ideas y soluciones...

El ser humano ha ido adquiriendo conocimientos gracias a dos habilidades: la capacidad de observar, sacando conclusiones de lo observado, y la capacidad de manipular los objetos para hacer con ellos distintas cosas.

Toda esa gran cantidad de conocimientos y de experiencias adquiridas condujeron al descubrimiento de leyes y al desarrollo de procedimientos para comprobar su veracidad. De esta forma se estructuraron tanto la búsqueda de conocimientos nuevos como la actualización de los antiguos. Así, de la mano del método científico, surgió la ciencia moderna.

Esta rodea la vida de los niños y niñas, pueden observarla en sus casas, en los parques, en el colegio... pero en muchos casos, les resulta una gran desconocida.

Hemos de tener en cuenta que estamos rodeados de acontecimientos donde lo físico, lo químico, lo biológico y lo tecnológico están interrelacionados y que todo esto nos proporciona una gran herramienta didáctica con la que podemos descubrir, jugar y reflexionar.

El objetivo que hemos pretendido con estas experiencias es que los alumnos y alumnas observen y exploren el entorno que les rodea, aprovechando que a estas edades durante el juego, utilizan de forma espontánea algunos procedimientos científicos, como son la observación y la manipulación, estimulando así su curiosidad por descubrir por qué suceden fenómenos cotidianos que están inmersos en su vida diaria.

## Desarrollo de las actividades

Para trabajar este tema, con nuestros alumnos y alumnas de tres años, hemos seguido las pautas del método científico: observación, planteamiento de

hipótesis, experimentación y elaboración de conclusiones, en cada una de las experiencias planteadas.

Al comienzo de cada sesión presentamos al alumnado la experiencia a realizar. Mediante la observación y unas primeras preguntas dirigidas, recogemos las ideas previas de las que parten, convirtiéndose más tarde en las hipótesis iniciales. Posteriormente, con la experimentación, verificamos si esas hipótesis eran ciertas o no y finalizamos elaborando nuestras propias conclusiones.

Así, a lo largo de todas las experiencias realizadas hemos hablado y planteado preguntas a los niños y niñas con unas finalidades claras:

- Conocer sus ideas previas sobre el experimento a realizar.
- Plantearles interrogantes que les llevarán a pensar un poco más sobre el tema en cuestión.
- Conocer si los resultados obtenidos en las experiencias han modificado sus ideas previas.

## Experiencia 1. Identificación de sabores

Cuando comenzamos a introducir la temática con la que íbamos a trabajar nos encontramos con la primera sorpresa: el alumnado no distinguía los sabores. No sabían decirnos si el azúcar era dulce, salado o ácido. Esto nos llevó a plantear una serie de experiencias, utilizando el sentido del gusto, que ayudaran a los niños/as a reconocer y nombrar distintos sabores (**Imagen 2**).



**Imagen 2.** Distinguimos sabores.

### Materiales

<ul style="list-style-type: none"><li>• Azúcar</li><li>• Sal</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Limón</li></ul>
------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------

### Procedimiento

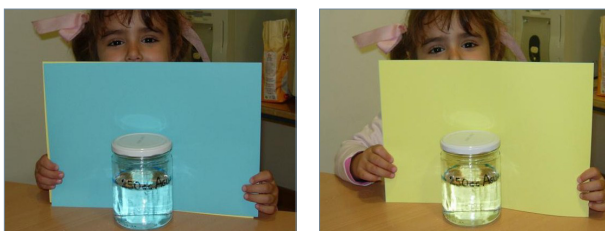
Cada niño y niña probó una pequeña cantidad de azúcar, de sal y de limón.

## Conclusiones del alumnado

- El azúcar es dulce. Las «chuches», los pasteles, el chocolate, tienen azúcar.
- La sal es salada. El mar, las patatas de las bolsas, los gusanitos son salados, entonces tienen sal.
- El limón es ácido.

## Experiencia 2. Propiedades del agua

Al ser el agua una de las sustancias principales de nuestros experimentos, creímos oportuno que conocieran sus propiedades (**Imagen 3**).



**Imagen 3.** Experiencia: el color del agua.

### Materiales

- |                                  |                         |
|----------------------------------|-------------------------|
| • Botes de cristal transparentes | • Agua                  |
| • Vasos de plástico              | • Cartulinas de colores |

## Procedimiento

Cada niño y niña probó un poco de agua y la respuesta fue que «no sabía a nada»; con respecto al olor y, después de oler distintos vasos con agua, la respuesta fue la misma. Sin embargo, a la pregunta ¿qué color tiene el agua?, hubo multitud de respuestas: blanca, azul, amarilla... Todo dependía del lugar donde se colocara el bote con el agua. Después de observar esto, volvimos a preguntar sobre el color del agua y estas fueron las respuestas de los niños/as: «no tiene color, se ve detrás, depende de lo que le pongas detrás».

## Conclusiones del alumnado

- El agua no tiene color, ni sabor, ni olor.

## Experiencia 3. Disolución de azúcar en agua

El disolvente que se usa con mayor frecuencia es el agua, debido a que es una sustancia muy abundante en la naturaleza y porque es capaz de disolver un gran número de sustancias.

Al disolver azúcar en agua obtenemos una mezcla homogénea ya que en cualquier parte de la disolución existe la misma composición y las mismas propiedades.

## Materiales

• 2 botes de cristal transparentes	• Azúcar
• Agua	• Vaso medidor
• Embudo	

## Procedimiento

Presentamos los materiales que vamos a utilizar y comenzamos llenando cada uno de los botes con 250 ml de agua. Marcamos con rotulador el volumen que ocupa. Añadimos a uno de los botes 125 g de azúcar. Agitamos y dejamos reposar. Marcamos en este el volumen ocupado del agua con azúcar (**Imagen 4**).

? **Pregunta:** ¿qué le ha pasado al agua a la que le hemos echado azúcar?

**Hipótesis iniciales:** «se ha mezclado todo, el agua se ha estropeado, se ha puesto blanco todo el bote, el azúcar se ve dentro, el agua se ha escondido, el agua se ha puesto dulce, el azúcar se ha hundido, el azúcar se ha ido abajo, el bote tiene más agua, el azúcar se esconde debajo de agua, hay azúcar que al echarla se ha hecho más chica, ha desaparecido, se ha ido con el agua, el azúcar se ha hundido y el agua se ha levantado».



**Imagen 4.** Desarrollo de la experiencia.

## Conclusiones del alumnado

- El azúcar no se ve pero no ha desaparecido porque el agua está dulce.
- El azúcar está ahí porque el agua ha subido para dejarle sitio, pero no se ve.
- El azúcar está ahí porque el agua se la ha comido y por eso está más grande.
- Se ha mezclado y por eso el agua está alta.
- El agua se ha mezclado.
- Ha desaparecido el azúcar, pero el azúcar está.

## Experiencia 4. Disolución de una pastilla efervescente

Para que los niños y niñas pudieran entender mejor cómo se disuelve soluto en un disolvente, se nos ocurrió que sería interesante disolver en agua una pastilla efervescente. De esta forma, verían como la pastilla iba deshaciéndose hasta «desaparecer», pudiendo relacionar esta experiencia con la anterior.

### Materiales

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bote de cristal transparente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una pastilla efervescente</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua</li> </ul>	

### Procedimiento

Llenamos el bote de cristal con 250 ml de agua y añadimos una pastilla efervescente. Esperamos un ratito y dejamos reposar.

**?** Pregunta: ¿qué le pasará a la pastilla efervescente al echarla en el agua?

**Hipótesis iniciales:** «la pastilla se mezcla con el agua, el agua se pone blanca, la pastilla desaparece, el agua se pone mala».

### Conclusiones del alumnado

- La pastilla se ha hecho pequeñita, pequeñita hasta que no se ve.
- La pastilla se ha hecho cachitos cada vez más pequeños hasta que no se ven.
- La pastilla no se ha ido, está ahí pero no se ve.

## Experiencia 5. Permanencia de la materia

El hecho de que algo no se vea no significa que no esté.

### Materiales

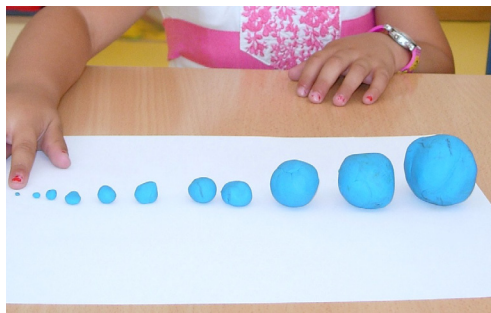
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plastilina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trozo de papel</li> </ul>
----------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

## Procedimiento

Primeramente cogimos una bola de plastilina y la fuimos dividiendo en trozos cada vez más pequeños (**Imagen 5**).

? Pregunta: ¿qué le pasará a la bola de plastilina si sigo partiéndola en trocitos?

**Hipótesis iniciales:** «cada vez se hará más pequeña, la plastilina casi no se verá».



**Imagen 5.** Modelo utilizado para conceptualizar la permanencia de la materia.

Hicimos lo mismo partiendo de un folio, hasta quedarnos con un trocito diminuto.

Posteriormente y, de forma individual, hicieron lo mismo con plastilina y con un trozo de papel.

## Conclusiones del alumnado

- Le ha pasado lo mismo que a la pastilla. Se hace pequeña hasta que no se ve.
- Aunque algo se haga pequeño y casi no se vea, no significa que haya desaparecido. Sigue estando ahí.

## Experiencia 6. Jugamos con nuestro pelo

A través de la manipulación es como realmente se aprende y, si es utilizando el propio cuerpo como parte del experimento, resulta mucho más productivo y divertido.

### Materiales

<ul style="list-style-type: none"><li>• Pinceles</li><li>• Agua</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Azúcar</li><li>• Pelo</li></ul>
---------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------

## Procedimiento

Pintamos un mechón de pelo solo con agua y otro con agua y azúcar disuelta. Dejamos secar.



**?** Pregunta: ¿qué le pasará al pelo si le doy con un pincel mojado en agua con azúcar?

**Hipótesis iniciales:** «nada, sabrá dulce, estará pringoso, se pegará».

## Conclusiones del alumnado

- El pelo con azúcar está tieso porque el agua tiene azúcar.
- El azúcar no se ve, pero está ahí porque el pelo está tieso.
- El pelo con agua sola está como siempre porque no tiene azúcar.
- El pelo que está pringoso tiene azúcar.

## Experiencia 7. Pintamos con agua y azúcar

La actividad plástica ocupa un lugar muy importante a estas edades, por lo tanto, aprovechando la pintura planteamos la siguiente experiencia.

### Materiales

• Agua	• pinceles
• azúcar	• folios
• tizas de colores	

### Procedimiento

Dimos a los niños y a las niñas un folio con dos círculos dibujados. Los rellenaron con tizas de colores y a uno de los círculos se le pasó el pincel mojado solo en agua y al otro con agua y azúcar (**Imagen 6**).

**?** Pregunta: ¿qué le sucederá al dibujo si le damos con el pincel mojado en agua con azúcar? ¿Y si le damos solo con agua?



**Imagen 6.** Resultado de la experiencia.

**Hipótesis iniciales:** «nada, estará dulce, los dos serán iguales».

Dejamos secar hasta el día siguiente.

## Conclusiones del alumnado

- El dibujo está brillante porque tiene azúcar y el azúcar brilla.
- El dibujo que está brillante está pegajoso porque tiene azúcar.

## Experiencia 8. Evaporación del agua

Hay diversos métodos para separar los componentes de una disolución. Uno de ellos es provocar el cambio de estado de una de las sustancias. En nuestro caso, vamos a evaporar nuestro disolvente, el agua, para obtener de nuevo el azúcar.

### Materiales

<ul style="list-style-type: none"><li>• Dos botes de cristal</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Azúcar</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Agua</li></ul>	

### Procedimiento

Presentamos los materiales que vamos a utilizar y de nuevo tenemos dos botes de cristal transparente. A uno le añadimos solo los 250 ml de agua y al otro, además del agua, los 125 g de azúcar. Marcamos con rotulador los distintos volúmenes ocupados.

**?** Pregunta: ¿qué pasará si pongo los dos botes al sol?

**Hipótesis iniciales:** «se ponen calentitos, se ponen morenos, se rompen».

Pusimos los botes en un lugar seguro fijándonos que, diariamente, estuvieran expuestos a unas determinadas horas de sol.

Nos encontramos con una sorpresa que nos completó el experimento. Uno de los botes con azúcar se nos llenó de hormigas. Los niños y niñas pudieron comprobar que el bote lleno de hormigas era el que tenía azúcar y el otro no.

Llegaron a la conclusión de que el azúcar, aunque no se ve, está en el bote porque a las hormigas les gusta el dulce.

Hicimos observaciones quincenales de los volúmenes de los demás botes. Resultó un poco tedioso porque tardó mucho tiempo en apreciarse el resultado de la evaporación.

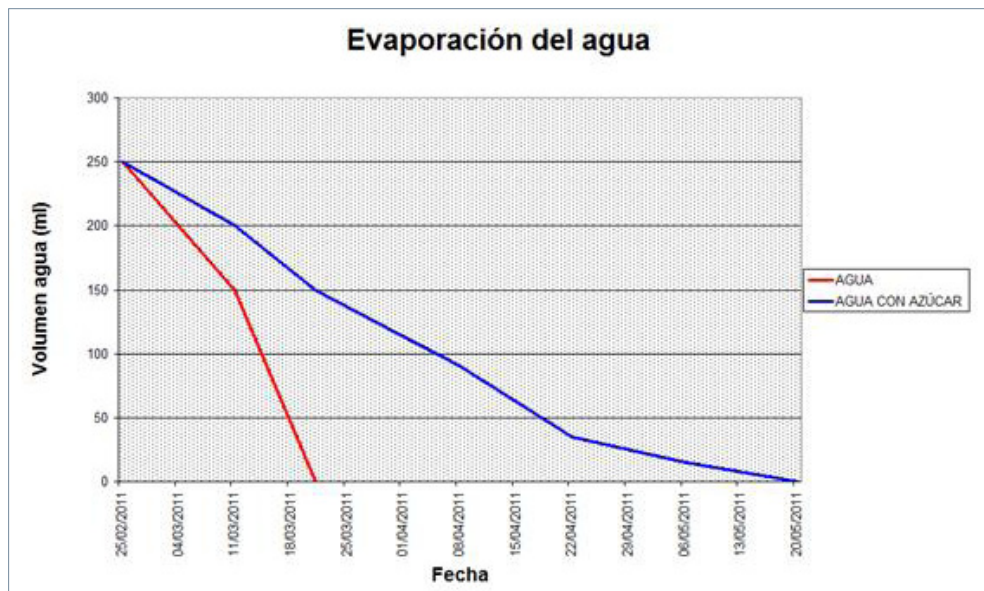
Pudimos observar que al cabo de un mes, había desaparecido toda el agua del bote sin azúcar; en cambio, el agua azucarada tardaba mucho más en desaparecer.

Introducimos una hebra de lana con un peso en el bote con azúcar y fuimos observando cómo se iban pegando los cristales de azúcar a ella.

Al cabo de tres meses comprobamos como había desaparecido prácticamente toda el agua y se observaba, claramente, el azúcar cristalizado por todo el bote y por la lana (**Imagen 7** y **Gráfico 1**).



**Imagen 7.** Desarrollo de la experiencia.



**Gráfica 1.** Evolución de la evaporación.

## Conclusiones del alumnado

- El sol tiene sed y se bebe el agua.
- Al sol no le gusta el azúcar.
- El azúcar estaba ahí pero no se ha visto hasta que el sol se ha bebido el agua.

## Experiencia 9. Dibujamos nuestro experimento

Con esta actividad pretendimos que los niños y las niñas plasmaran, mediante un dibujo, lo que habían aprendido a lo largo de todas las sesiones de experimentación (**Imagen 8**).

Los resultados nos sorprendieron ya que, en muchos de ellos, se reflejaba cómo el azúcar o la pastilla no se veían porque se habían hecho muy «pequeñitos».

## Conclusiones finales

Mediante las experiencias desarrolladas y descritas anteriormente, hemos intentado acercar al alumnado al mundo de la ciencia, centrándonos más concretamente en la teoría molecular.



Imagen 8. Dibujos del experimento.

Como señalamos al principio, los niños y niñas que han participado en la investigación partían de cero y, poco a poco, mediante los diversos experimentos y experiencias lúdicas planificadas, han ido construyendo sus propios conocimientos. Podemos decir que, del total del alumnado que ha realizado las experiencias de este proyecto, alrededor del 40% ha llegado a la conclusión de que, aunque hay cosas que no se ven, están ahí y están formadas por «cachitos muy pequeñitos» llamados moléculas.

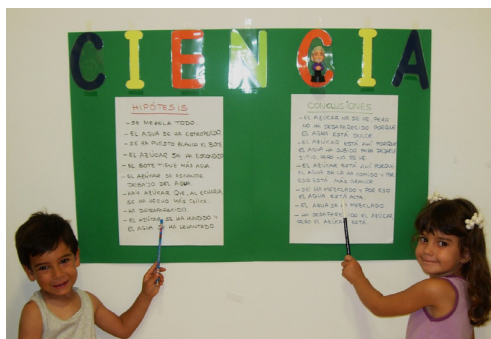
Resaltamos que nuestro alumnado ha sido capaz de recurrir a un lenguaje oral y gesticular para explicar, a su manera, las experiencias realizadas, incorporando y ampliando un vocabulario específico a lo largo de la investigación.

Nos hemos dado cuenta de que en cada uno de los alumnos y alumnas con los que hemos trabajado hay un científico en potencia con grandes ganas de aprender, de indagar y descubrir el porqué de las cosas (**Imagen 9**).

Nuestra tarea como docentes es despertar la curiosidad innata que tienen, ser claras y concisas a la hora de buscar respuestas y explicaciones y llevar un hilo conductor en todo el proceso, donde todo esté interrelacionado. Debemos crearles conflictos cognitivos y guiarles para que reflexionen y construyan sus propios conocimientos.

Concluimos con esta frase que resume el proceso seguido en este proyecto:

«Para buscar respuestas a nuestras preguntas es necesario experimentar.»



**Imagen 9.** Hipótesis y conclusiones.

## Agradecimientos

Queremos dar las gracias a Carlos Ibeas Rodríguez por cedernos gran parte de su tiempo y de su paciencia y por su ayuda a la hora de elaborar este proyecto.

Así mismo, agradecemos a Paula Ibeas Rojas su labor como fotógrafa.

## Referencias bibliográficas

AMERY, H. *Cómo hacer experimentos*. SM Ediciones. Madrid. 1978. 32 pp.

ANDRÉS CABRERIZO, D. M., ANTÓN BOZAL, J. L. y BARRIO PÉREZ, J. *Física y química*. Editex S.A. Madrid. 2008. 230 pp.

Colaboradores. Curiosikid [en línea]: <<http://www.curiosikid.com/view/index.asp>> [consulta: Febrero de 2011].

DÍAZ ESCALERA, M. *Solubilidad del azúcar en agua*. fqexperimentos.blogspot.com [en línea]: <<http://fqexperimentos.blogspot.com/2008/10/solubilidad-del-azcar-en-agua.html>> [consulta: Febrero de 2011].

Equipo de El CSIC en la Escuela. Consejo Superior de Investigaciones Científicas [en línea]: <http://www.csicenlaescuela.csic.es/> [consulta: Enero de 2011].

QUEVEDO LÓPEZ, R. *Experimentos*. Perea Ediciones. Ciudad Real. 1992. 125 pp.

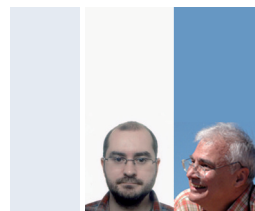
VALLEJO-NÁJERA, A. *Ciencia Mágica*. Experimentos asombrosos para genios curiosos. Ediciones Martínez Roca. Madrid. 2004. 170 pp.

# Breve historia de la máquina de vapor

**Esteban Moreno Gómez\* y  
José María López Sancho**

*Editor de la Serie El CSIC en la Escuela*

*Director del Proyecto El CSIC y la Fundación BBVA en la Escuela*



---

## Palabras clave

Calor, flogisto, temperatura, cambio de estado, máquina de vapor, revolución industrial.

---

## Resumen

Se estudia a grandes rasgos el origen, historia y funcionamiento de las máquinas de vapor. Destacando algunos puntos clave para comprender su funcionamiento y la influencia que tuvieron en el entendimiento del modelo de la constitución de la materia y en el desarrollo de los derechos humanos, ya que permitió que desapareciera la esclavitud.

---

## Introducción

La conceptualización del calor por los seres humanos representa una de las aventuras de la imaginación más interesantes y de más trascendencia en la historia de la ciencia y, sin lugar a dudas, una de las más importantes en el desarrollo de la ingeniería. Podemos identificar, en la historia de la ciencia, tres caminos diferentes que persiguen el mismo fin desde tres puntos de vista diferentes.

El primero es el de las personas que descubrieron el fuego y sus extrañas propiedades, hace unos cuatrocientos mil años.

Podemos imaginar lo que sintieron nuestros predecesores la primera vez que transportaron o produjeron fuego en el interior de una cueva. De repente desapareció la noche que allí habitaba permanentemente y surgieron los rostros de las personas y los objetos que se encontraban en aquel espacio carente de luz. Como para ellos

---

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



tanto la luz como el calor eran cosas, se preguntaron, sin duda, de donde surgía la luz y el calor que emanaban del trozo de madera y dónde estaban antes de salir al exterior de la rama que estaba ardiendo.

El segundo camino o forma de atacar el problema es el estrictamente científico, es decir, intentando elaborar un modelo de la realidad (en este caso identificando los elementos que intervienen en la combustión y organizándolos en un modelo). Dejando a un lado, de momento, el problema de la relación entre calor y luz, podemos plantearnos la cuestión de la aparición del calor cuando se produce una llama.

La primera respuesta que conocemos es la que dieron los atomistas griegos: el fuego es uno de los elementos que constituyen el mundo, junto con la tierra, el agua y el aire, y se encuentra formando parte de muchos objetos. Cuando un objeto se descompone en sus elementos, si tiene átomos de fuego se liberan y salen al exterior y producen los efectos a los que estamos acostumbrados. Cuando cocinamos un alimento, los átomos de fuego penetran en el interior del mismo y modifican la proporción de átomos de fuego que lo componen, variando su naturaleza.

Con el tiempo este modelo fue insuficiente para explicar los resultados de los procesos que se fueron descubriendo, como los que dieron lugar a la obtención de metales, y se tuvo que modificar introduciendo un elemento nuevo: el flogisto (del griego, inflamable). El flogisto, de acuerdo con el modelo propuesto a finales del siglo XVII por los químicos alemanes Johann Becher y Georg Stahl, era un nuevo elemento que formaba parte de los cuerpos inflamables y que estos perdían cuando ardían.

Con el modelo del flogisto es fácil explicar algunos experimentos de los que realizamos en clase. El más sencillo es el que consiste en hacer arder una vela en un recipiente cerrado, hasta que se extingue la llama. Joseph Priestley (**Imagen 1**), un químico inglés del siglo XVIII, explicaba el hecho, de acuerdo con el modelo de Becher, diciendo que al arder la vela el flogisto que contenía pasaba al aire del recipiente (que estaba «desflogistizado») hasta el momento en que el aire no podía admitir más flogisto. En ese instante la llama se extinguía.



**Imagen 1.** Joseph Priestley, retratado por Ellen Sharpley.



Priestley obtuvo oxígeno y lo identificó como uno de los componentes del aire. Como este elemento era imprescindible para que fuese posible la combustión de cualquier cuerpo, Priestley llamó al oxígeno «aire desflogistizado».

Priestley, además, se dio cuenta de que el proceso de la respiración de los mamíferos era muy parecido al de la combustión; y pensó que los seres vivos también contenían flogisto (que adquirían por los alimentos) y que este pasaba al aire en el proceso de la respiración. Sus primeras investigaciones las realizó en una fábrica de cerveza próxima a su parroquia (era clérigo de la Iglesia Unitaria), descubriendo el dióxido de carbono, el mismo gas que Joseph Black (amigo de Watt) había obtenido calentando carbonato cálcico, al que llamó «aire fijo».

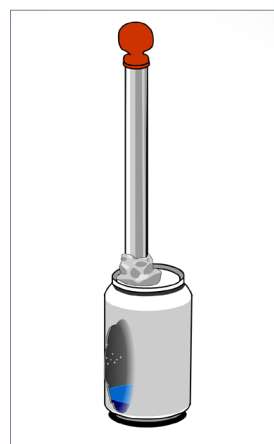
La tercera vía histórica en el estudio del calor y sus propiedades es la seguida por los ingenieros que iniciaron la revolución industrial, como Denis Papin (1647-1712, colaborador de Robert Boyle), Thomas Newcomen (1663-1729), Joseph Black (1728-1799) y su colaborador James Watt (1736-1819) y Sadi Carnot (1796-1832), que inventaron y estudiaron las formas de producir enormes fuerzas a partir del fuego.

En este artículo, el primero de una serie, nos proponemos recorrer a grandes pasos el tercer camino, el de las máquinas de vapor, señalando algunos puntos clave para comprender su funcionamiento y la influencia que tuvieron en el entendimiento del modelo de la constitución de la materia y en el desarrollo de los derechos humanos, ya que permitió que desapareciera la lacra de la esclavitud.

## El funcionamiento básico de una máquina de vapor

Como todos sabemos, las máquinas de vapor se basan en la conversión de agua líquida en vapor, que era el encargado de empujar el émbolo del cilindro, y en la posterior conversión del vapor en agua, lo que producía un vacío parcial en el cilindro, permitiendo que la presión atmosférica empujase el émbolo en el otro sentido.

Podemos mostrar este ciclo con un montaje sencillo, que nosotros utilizamos en nuestro programa de encuentros entre científicos y maestros. Nuestra máquina se construye uniendo un globo a la parte superior de una lata de refresco vacía que contenga un poco de agua en su interior (**Imagen 2**).



**Imagen 2.** Nuestra máquina.

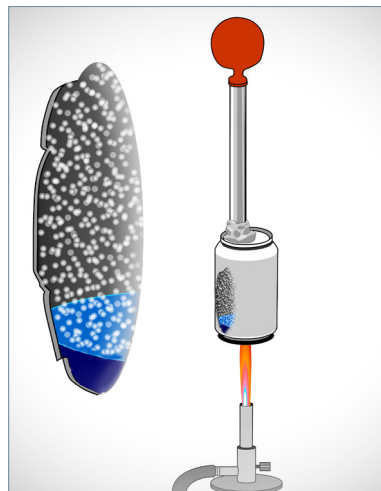
Este es el primer punto del ciclo: agua en estado líquido en el interior del cilindro, es decir, a una temperatura inferior a los  $100^{\circ}\text{C}$ , y el globo desinflado.

A continuación se calienta el agua hasta una temperatura superior a los  $100^{\circ}\text{C}$ , lo que provoca la evaporación del agua, que pasa a forma de vapor. El vapor produce un aumento de presión en el interior del globo; la presión se hace mayor que la atmosférica y eso produce un aumento del volumen del globo. En ese proceso de aumento de volumen aparece una fuerza en el interior del globo que se puede aprovechar para producir trabajo. En este segundo punto del ciclo tenemos la máquina llena de vapor y el volumen del globo en su valor máximo (**Imagen 3**).

Una vez que el volumen del globo ha llegado a un valor determinado, la parte inferior del bote se retira de la llama y se introduce en agua a temperatura ambiente, lo que provoca la condensación del vapor y la consiguiente disminución de la presión en el interior del globo hasta hacerse menor que la presión atmosférica.

Como consecuencia de ello el volumen del globo disminuye y recuperamos las condiciones que teníamos al comenzar el ciclo: un recipiente con agua líquida y el globo que cierra el volumen de la máquina desinflado.

Podemos utilizar lo que hemos aprendido para construir mentalmente la máquina atmosférica de Papin. Estaba constituida por un cilindro y un émbolo con agua en su interior.



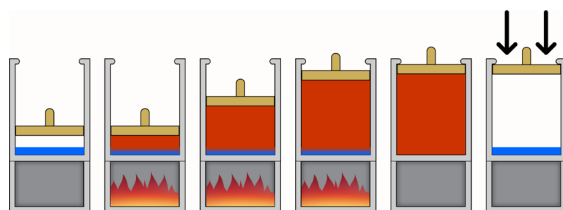
**Imagen 3.** Segundo estado de funcionamiento de nuestra máquina de vapor.

Como en el caso de la máquina que hemos construido, con un globo y un bote de refresco, en el primer punto del ciclo hay una cierta cantidad de agua en estado líquido en el interior del cilindro y este se encuentra en el punto inferior de su recorrido.

A continuación se acerca el fuego, fuente de la energía de la máquina, y se calienta el agua hasta una temperatura superior a los  $100^{\circ}\text{C}$ , lo que provoca el paso del agua líquida a la forma de vapor. El vapor produce un aumento de presión en el interior del cilindro, que se hace mayor que la atmosférica, produciéndose un aumento del volumen del cilindro. En ese proceso de aumento de volumen aparece una fuerza que se puede aprovechar para producir trabajo.

Al final del proceso la máquina se encuentra en el segundo punto del ciclo con el cilindro lleno de vapor y el volumen en su valor máximo.

Una vez que el cilindro ha llegado al punto superior de su recorrido, retiramos el fuego de la parte inferior y refrigeramos con agua fría las paredes del cilindro.



**Imagen 4.** Estadios de funcionamiento de la máquina de Papin.

Al enfriarse el vapor por debajo de los  $100^{\circ}\text{C}$  se condensa y pasa a agua líquida, ocupando un volumen mucho menor. La presión en el interior del cilindro es menor que la atmosférica, produciéndose un vacío parcial y ejerciéndose sobre el émbolo una fuerza vertical hacia abajo que puede producir trabajo útil.

Así recuperamos las condiciones que teníamos al comenzar el ciclo: el cilindro con agua líquida y con las paredes a temperatura menor de  $100^{\circ}\text{C}$ . Este es de nuevo el punto 1 del ciclo y el proceso vuelve a comenzar (**Imagen 4**).

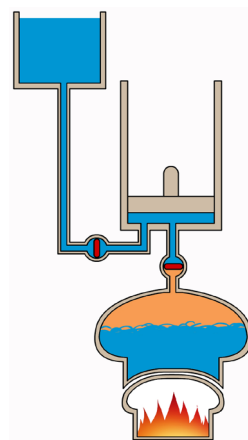
## Máquina de Newcomen

La máquina de Papin nunca se comercializó, pero el diseño fue mejorado por Newcomen que modificó el lugar en el que se producía la generación de vapor; construyó su primera instalación en 1712, para bombear agua en una mina de carbón cerca de Dudley Castle. Newcomen añadió una caldera exterior donde se genera el vapor y un depósito de agua situado a más altura que el cilindro.

### Primera parte del ciclo de la máquina de Newcomen

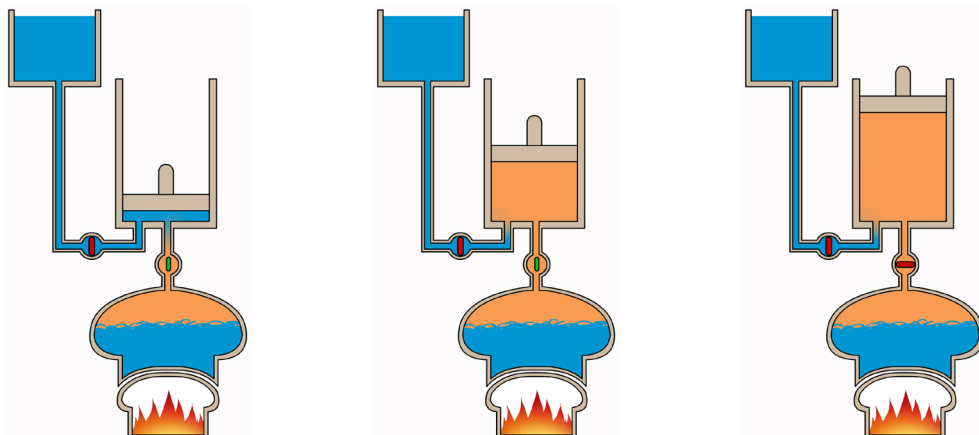
Al comienzo del ciclo ambas válvulas se encuentran cerradas y el cilindro está a temperatura ambiente, por debajo de los  $100^{\circ}\text{C}$  (**Imagen 5**).

A continuación se inyecta vapor en el interior del cilindro abriendo la válvula que separa la caldera del cilindro. El vapor hace aumentar la presión en el interior del cilindro y que



**Imagen 5.** Máquina de Newcomen al inicio del ciclo.

produce una fuerza hacia arriba que provoca el desplazamiento del émbolo. Esta fuerza se utiliza para realizar trabajo (**Imagen 6**).

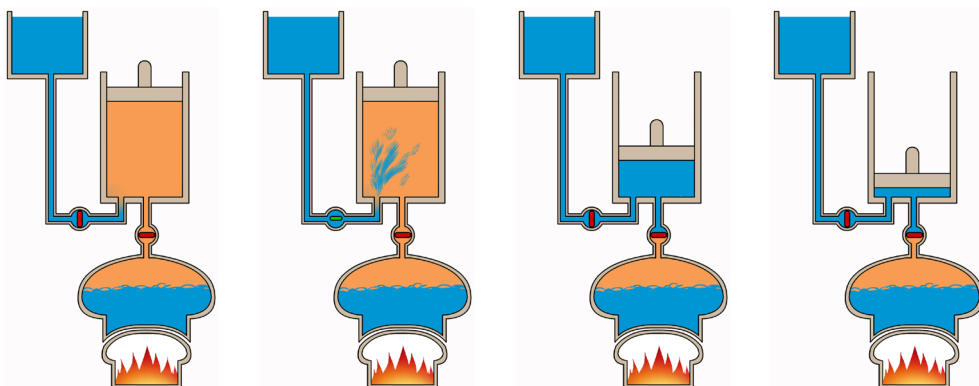


**Imagen 6.** Máquina de Newcomen en funcionamiento.

A final de esta primera parte del ciclo el émbolo se encuentra en su punto superior, lleno de gas y se cierra la válvula que separa el cilindro de la caldera y ambas válvulas están cerradas.

## Segunda parte del ciclo de la máquina de Newcomen

Una vez que el émbolo llega a su punto superior, se abre la válvula del agua fría y se enfrían las paredes del cilindro por debajo de los 100°C. El vapor de agua se condensa y se produce un vacío parcial en el interior del cilindro, con lo cual la presión atmosférica empuja el émbolo hacia abajo, generando también una fuerza útil (**Imagen 7**).



**Imagen 7.** Máquina de Newcomen. Enfriamiento del cilindro y cierre de ciclo.

Al final de la segunda parte del ciclo el émbolo se encuentra en su punto inferior, el cilindro se encuentra a una temperatura inferior a los 100°C y ambas válvulas se encuentran cerradas, como en el punto inicial del ciclo. Y todo vuelve a empezar, produciéndose un movimiento alternativo y una sucesión de ciclos que proporcionan el trabajo.

## Intermedio histórico para situarnos en el tiempo

Para fijar ideas queremos señalar algunos personajes que pueden ayudarnos a situar los descubrimientos científicos que estamos estudiando en la historia de España.

Diego Velázquez nació en 1599 (un año después de morir Felipe II) y murió en 1660 (cinco años antes de que muriese Felipe IV). Papin contaba con trece años de edad.

En 1616 murieron Miguel de Cervantes y Shakespeare.

El reinado de Carlos II, el último de los Austrias, terminó en 1669, dando paso a la dinastía de los Borbones en España.

Felipe V (con un periodo corto de reinado de Luis I), Fernando VI, Carlos III y Carlos IV ocupan el periodo que va desde 1700 a la Revolución Francesa (1789), periodo en el que se declara independiente América del Norte y se imponen las ideas de la Ilustración.

La Guerra de la Independencia (1808-1814), la derrota de Napoleón en Waterloo en 1815 y la vida de Goya (1746-1828) terminan el periodo que estamos estudiando, en el que el barroco y el neoclásico marcaron los gustos artísticos de la época.

Los personajes que intervienen en nuestro relato son, como hemos indicado:

Denis Papin (1647-1712), contemporáneo de Newton (1642-1727) y colaborador de Robert Boyle (1627-1691). Reinan en España Felipe III, Felipe IV y Carlos II.

Thomas Newcomen (1663-1729), inventor de la máquina de vapor atmosférica, muere cuando en España reina Felipe V.

En 1714 Fahrenheit (1686-1736), inventó el primer termómetro propiamente dicho. Murió el mismo año en que Watt patentó su máquina de vapor.

Joseph Black (1728-1799), médico e investigador. Sus primeras investigaciones las realizó en el campo de la química y de los gases, pero en 1760 su interés se centró en la física, sobre todo en el estudio de los procesos en los intervenía el calor. Fue médico personal de Adam Smith, David Hume y James Hutton, entre otros. Reinaban en España Carlos III y Carlos IV.

James Watt (1736-1819). A lo largo de su vida tuvo lugar la Independencia Americana, la Revolución Francesa y la Guerra de la Independencia Española. En 1819 reinaba en España Fernando VII, el rey Felón.

## **Black y Watt se encuentran en Glasgow con una máquina de Newcomen**

En 1756 James Watt entró a trabajar en la Universidad de Glasgow como mecánico y experto en la fabricación de aparatos científicos; entre otras tareas ayudaba a Black en sus experimentos y ambos se hicieron muy amigos. Uno de los trabajos que encargaron a Watt hacia 1763 fue el de reparar un modelo de tamaño reducido de máquina de Newcomen, tarea que realizó sin dificultad, pero en las pruebas del modelo se dio cuenta de que el rendimiento de la máquina reducida era muy inferior a la de tamaño real. Este fenómeno, que sin duda llamó la atención de Black y Watt, fue el desencadenante de las investigaciones de ambos en el campo del calor, que continuaron por separado cuando Black se trasladó a Edimburgo a la cátedra que quedaba vacante por la muerte de su maestro William Cullen.

Si estudiamos, como hicieron nuestros investigadores, los procesos que intervienen en la transformación del calor que la llama cede al agua, veremos que pueden dividirse en tres diferentes fenómenos.

En primer lugar el fuego calienta el agua desde temperatura ambiente hasta la temperatura de ebullición.

A continuación el calor hace que el agua hierva y se convierta en vapor.

Como todos sabemos, en ciencia únicamente se contemplan propiedades de los cuerpos que pertenezcan a la categoría de magnitudes, que de acuerdo con una definición ya clásica son propiedades que se pueden medir, pesar o contar. La razón para esta restricción de los observables que trata la ciencia es evidente: cuanto medimos, pesamos o contamos un observable del mundo real obtenemos como resul-

tado un número (seguido del nombre de la unidad utilizada) y ese número se puede utilizar introduciéndolo en fórmulas matemáticas, permitiéndonos realizar comprobaciones y predicciones.

Es fácil ver que para describir estos procesos hemos necesitado tres magnitudes: calor, temperatura y cambio de estado. Afortunadamente en el año 1765, en el que ocurrían los hechos que estamos refiriendo, en los laboratorios de la Universidad de Glasgow (como en los de otras universidades) se podía medir con el termómetro, un aparato inventado por Fahrenheit en 1714 y que determinaba la temperatura de los cuerpos (la historia del invento del termómetro se tratará en otro trabajo).

Black introdujo un termómetro en el agua de la caldera y observó cómo la temperatura iba aumentando desde la temperatura inicial (podemos suponer que era de unos 140° Fahrenheit, unos 60°C) a medida que la llama le comunicaba calor. De una manera provisional Black definió la cantidad de calor absorbida por el agua de la caldera como el producto de la cantidad de agua líquida (medida en libras) por el aumento de temperatura medido en grados Fahrenheit. La unidad correspondiente utilizada en los países anglosajones es la Btu (British Thermal Unit), cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de un libra de agua en un grado Fahrenheit. Para fijar ideas podemos decir que una Btu es aproximadamente la cantidad de calor que produce una cerilla al quemarse.

Con la creación por los ilustrados del siglo XVIII del sistema métrico decimal, en Europa continental se utilizó la unidad de cantidad de calor, llamada Caloría (con C mayúscula) o kilocaloría, que se cede a un litro de agua hace aumentar su temperatura en un grado centígrado. Como es fácil ver, una Btu equivale a un cuarto de Caloría.

Cuando llegaba a la temperatura de ebullición (212° Fahrenheit), el agua comenzaba a hervir y se producía vapor, pero la temperatura del agua apenas se modificaba. En tanto quedara agua líquida en la caldera su temperatura era la misma, 212° Fahrenheit (equivalentes a 100°C) ¿Qué estaba ocurriendo con el calor, que unas veces provocaba aumento de temperatura y otras no?

Para entender la explicación que podía dar Black hay que tener en cuenta el momento de la historia de la ciencia en el que se encontraba, a mediados del siglo XVIII. Boyle y Newton habían elaborado un modelo corpuscular de la materia en el cual los átomos (átomos o moléculas, en nuestro lenguaje actual) se encontraban inmóviles en los gases, líquidos y sólidos. La dilatación que sufren los cuerpos cuando se calientan lo explica este modelo diciendo que el calor es un fluido que rodea



a las partículas, como la carne de un melocotón rodea a la semilla. De esta manera cuando se añade calor a un cuerpo las partículas se separan unas de otras y su volumen aumenta.

Utilizando este modelo Black explicaba el fenómeno del calentamiento por el efecto que el calor producía en las partículas. Cuando se trataba de agua sólida, el calor recubre a las moléculas produciendo un aumento de temperatura. Pero si la cantidad de calor sobrepasaba un cierto límite las partículas rompían las ligaduras que las mantenían en estado líquido y escapaban al aire en forma de vapor.

Esta explicación ponía al descubierto dos procesos: la absorción del calor por el agua líquida y la absorción de calor necesaria para cambiar de estado. La definición de la unidad de una manera precisa la realizó Black: a la cantidad de calor necesaria para romper las ligaduras entre las moléculas y pasar del estado líquido al gaseoso la llamó calor oculto o calor latente de evaporación.

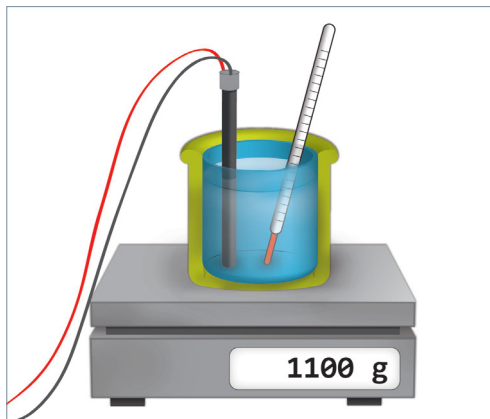
Es importante que nos demos cuenta de que las ideas del calor específico y del calor latente constituyen dos conceptos nuevos para la época. La importancia que tienen los conceptos, tanto en el lenguaje normal como en ciencia, es fundamental. Un concepto nuevo permite identificar una propiedad determinada. Una vez que se adquiere el concepto se puede utilizar para analizar la realidad en otras situaciones diferentes de las que hemos utilizado para elaborar el concepto. Así, si la temperatura de ebullición del alcohol etílico es menor que la del agua, podemos concluir que las moléculas de agua están más fuertemente unidas entre sí que las de alcohol y entender por qué cuando destilamos vino (que contiene alcohol y agua, además de otras muchas sustancias) el alcohol se evapora antes que el agua. También podemos entender por qué tenemos que enfriar el vapor (extrayendo el calor que rodea sus moléculas) para que la sustancia vuelva al estado líquido.

## **Determinación del valor del calor específico y del calor latente de evaporación de un líquido**

Para fijar ideas nosotros vamos a llevar a cabo un experimento mental que nos aclarará ambos conceptos. Para ello colocaremos un recipiente de vidrio con un litro de agua y un termómetro suspendido en el interior del mismo de manera que no toque las paredes. Sumergiremos también una resistencia eléctrica de características conocidas y el conjunto lo colocaremos en un peso de cocina. El peso señalará unos 1,1 Kg y el termómetro unos 15°C, por ejemplo (**Imagen 8**).

Si conectamos la resistencia conocida a una pila de un voltaje determinado podemos calcular exactamente la cantidad de calor que se está generando en la resistencia y que pasa directamente al líquido. Para fijar ideas supondremos que la resistencia genera 1 Caloría por segundo.

Si comenzamos con un litro de agua a 15°C, como hemos dicho, cada cuatro segundos la temperatura que señala el termómetro aumentará un grado, llegando en 85 segundos a los 100°C. En todo el proceso la masa de agua que señala la báscula de cocina permanecerá prácticamente constante.



**Imagen 8.** Montaje del experimento.

Cuando la temperatura alcanza los 100°C, observaremos que, a pesar de que la cantidad de calor cedida al agua sigue siendo la misma (1 Caloría cada segundo) la temperatura del agua permanece constante, aunque comenzará a hervir. Y gracias a la báscula podremos determinar la cantidad de calor que es necesario añadir al agua para que se evapore: cada 100 gramos de agua requieren 54 Calorías (cincuenta y cuatro segundos de calentamiento) para pasar de líquido a vapor. Así pues, el calor específico del agua es de 1 Caloría por litro y el calor latente de evaporación es de unas 540 Calorías por litro. Y si aplicamos la ley de Boyle veremos que el litro de agua en forma de vapor ocupa, a la presión atmosférica, un poco menos de 1700 litros, que se utilizan para llenar el cilindro en las máquinas de vapor.

Si tenemos en cuenta que el volumen del cilindro del modelo reducido de máquina de Newcomen que poseía la Universidad de Glasgow era aproximadamente de 1700 litros, que el ciclo de la máquina era de unos cinco segundos y que el poder calorífico de la madera (combustible que se utilizaba entonces) es de unas 5000 Calorías por kilogramo, resulta que Black y Watt tenían que quemar más de sesenta kilogramos de madera para hacer funcionar la máquina una hora.

### Referencias bibliográficas

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

WIKIPEDIA [en línea]: <[http://es.wikipedia.org/wiki/Joseph\\_Priestley](http://es.wikipedia.org/wiki/Joseph_Priestley)>.



e-ISBN: 978-84-00-09454-6



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE ECONOMÍA  
Y COMPETITIVIDAD



**CSIC**

Fundación **BBVA**