

LOS COLORES DE LA LUZ: PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL PRIMER CURSO DE LA ENSEÑANZA SECUNDARIA OBLIGATORIA

THE COLORS OF LIGHT: A TEACHING MODEL FOR THE FIRST GRADE OF THE SECONDARY SCHOOL

M.P. ZUGASTI.

Departamento de Física. E.U. de Magisterio de Guadalajara.
Universidad de Alcalá , España.

RESUMEN

En este trabajo presentamos una propuesta metodológica para el tratamiento del tema de los colores de la luz en el primer curso de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (E.S.O.).

Proponemos una metodología activa por parte del alumno, con la que se resuelvan una serie de problemas a partir de la realización de unas actividades concretas y sencillas. Estas actividades estarán orientadas a poner a los alumnos en situación de aprender significativamente, siendo el papel del profesor el de guía de dicho aprendizaje. Las actividades, por tanto, se estructuran de manera que cubren los contenidos del tema y durante su realización se procurará desarrollar en los alumnos las destrezas de procedimiento propias de la ciencia (observar, predecir, hacer hipótesis, planificar y realizar pruebas, reflexionar, extraer conclusiones, etc.).

Palabras clave: colores, luz, enseñanza, actividades.

ABSTRACT

We present a proposal for a teaching model to deal with the teaching of the colors of light in the first grade of the Spanish Secondary School. We propose to apply a teaching model in which the pupil takes an active part resolving a number of problems risen from simple activities. These activities will be oriented to bring the pupils to the situation of meaningful learning with the professor taken the role of guiding the learning. Therefore, the activities are structured in such a manner that cover all the aspects related with the subject and oriented to develop in the pupils the skills of the scientific method (to observe, to predict, to propose hypothesis, to design, and to carry out tests, to think, to draw conclusions, ...)

Keywords: Colors, light, education and activities.

INTRODUCCIÓN

En los primeros cursos de la enseñanza secundaria obligatoria, los niños de doce trece o catorce años desean aprender, de una manera sencilla y amena, aquellos aspectos de la ciencia que están más relacionados con sus experiencias cotidianas. Sólo incluyendo en los programas escolares estos temas que despiertan su interés podemos conseguir que las ciencias tengan un significado real para ellos y la sientan como algo útil, interesante e incluso divertido y así contribuir a desarrollar en ellos actitudes positivas hacia su aprendizaje (D.C.B.,1989; *Ciencias de la Naturaleza*,1991).

En concreto, ciertos fenómenos relacionados con la luz pueden resultar muy motivadores en el ciclo 12-14 años, siempre que se

enfocuen desde un punto de vista fundamentalmente fenomenológico y descriptivo y se busquen modelos sencillos para explicar los fenómenos más cotidianos, dejando para el segundo ciclo (14-16 años) las interpretaciones más teóricas relacionadas con la transmisión de energía (*Ciencias de la Naturaleza*, 1991).

Seguidamente vamos a proponer un método de trabajo para este tema, enfocado al primer curso de la E.S.O.

OBJETIVOS

En la Enseñanza Secundaria Obligatoria, en el área de Ciencias Naturales, además de incluirse **conceptos** que tienen una funcionalidad y que sirven para resolver problemas de tipo científico que interesan a los alumnos y a la sociedad, se debe procurar que los alumnos adquieran un conjunto de **procedimientos** para que conozcan y utilicen algunas estrategias propias de la actividad científica y desarrollen una serie de **actitudes y valores**. En concreto, en el tema que nos ocupa incluimos los siguientes:

Conceptuales:

- Conocer que la luz está formada de muchas ondas diferentes.
- Identificar la parte visible de la luz como una mezcla de luces de diferentes colores.
- Conocer los colores primarios de la luz y el resultado de algunas de sus combinaciones.
- Reconocer la frecuencia y la longitud de onda como características que diferencian las distintas ondas de la luz.
- Asimilar que todas las ondas que componen la luz se trasladan en el vacío a la misma velocidad.
- Relacionar el color de los objetos que vemos con la luz que les llega, la luz que reflejan y la luz que detectan nuestros ojos.
- Conocer algo de cómo se produce la visión a partir de la luz que entra en nuestros ojos y ser conscientes de que no todos los animales ven igual que el hombre.

Actitudinales:

- Interés y curiosidad por la observación e interpretación de los hechos y fenómenos que ocurren en el medio.
- Respeto a las reglas de funcionamiento en los debates: guardar los turnos de palabra, escuchar las ideas de los demás, etc.
- Participación responsable en la realización de las tareas de grupo.
- Interés por el uso y consulta de distintas fuentes de información.

Procedimentales:

- Participación en debates de grupo y de toda la clase.
- Emisión de hipótesis y verificación experimental de las mismas.
- Planificación y realización de actividades sencillas.
- Recogida de información de distintas fuentes.
- Realización de esquemas, resúmenes y organigramas.

DETECCIÓN DE IDEAS

Durante el desarrollo de cualquier unidad didáctica se debe procurar un aprendizaje significativo por parte del alumno, para lo cual éste ha de ser capaz de establecer relaciones entre los nuevos contenidos y entre ellos y los que ya poseía anteriormente.

Las investigaciones didácticas realizadas en relación con la forma en la que los alumnos construyen sus aprendizajes han puesto de manifiesto que el resultado de los mismos va a depender en gran medida de sus ideas previas (ya que éstas van a contribuir de manera

decisiva en la formación de su estructura cognoscitiva) (Osborne, 1995; Harlen, 1998).

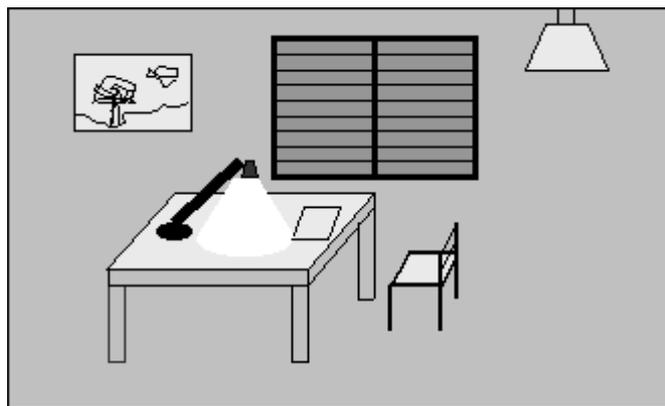
Así pues, los profesores, al comienzo de la unidad, debemos indagar dichas ideas con el fin de orientar el proceso de enseñanza-aprendizaje hacia la corrección de las mismas, si éstas fueran erróneas, o hacia el desarrollo de aquellas que, sin llegar a ser incorrectas, necesitan ser ampliadas (Benlloch, 1997).

Según los estudios realizados hasta el momento, las ideas erróneas más comunes de los alumnos, en relación con los colores de la luz y de los objetos, suelen ser las siguientes (*Ciencias de la Naturaleza*, 1991) (Feher, 1992; Osborne, 1995; Langley, 1997; Salinas et al., 1999; Pesa de Danón, 1999; Mendoza, 2000; Galili, 2000):

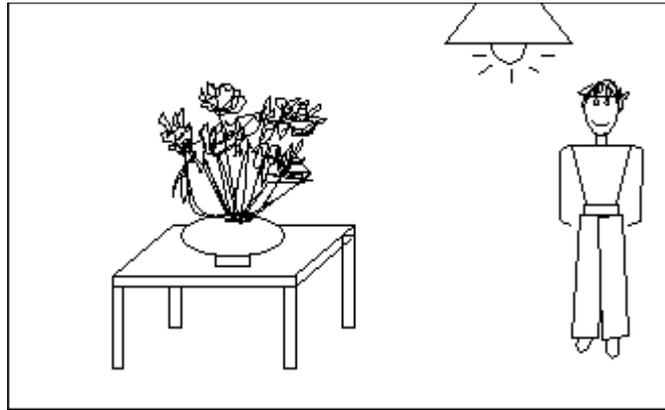
- "sólo hay luz en las fuentes de luz y en las zonas iluminadas, es decir solo existe luz allí donde la podemos percibir".
- "algunas fuentes débiles de luz no emiten luz, simplemente las podemos ver (caso de una cerilla)".
- "para ver los objetos sólo es necesario que haya luz, que no haya oscuridad"
- "Los objetos claros no hace falta iluminarlos para verlos".
- "La luz llega más lejos de noche que de día".
- "Los espejos reflejan la luz, pero los demás objetos no lo hacen"
- "Un objeto iluminado no puede iluminar a otros objetos, la luz se queda sobre el mismo o desaparece".
- "el color es una propiedad intrínseca de los objetos y es independiente de la luz".
- "Los filtros producen un cambio de color a la luz blanca, la colorean o la tiñen".
- "Algunos animales, como el búho, pueden ver en la oscuridad"

Para conocer si nuestros alumnos tienen algunas de estas ideas previas, que puedan dificultar la comprensión de los conceptos que vamos a trabajar, realizarán un cuestionario con preguntas del tipo (Osborne, 1995; Langley, 1997; Harlen, 1998; Galili, 2000):

- a) ¿Dónde hay luz en la habitación de la figura?



- b) Indica en esta viñeta el camino que sigue la luz para que el niño vea las flores.



c) De los siguientes objetos, ¿cuáles emiten luz propia?

- | | |
|----------------|--------------|
| una estrella | el arco iris |
| un jersey rojo | una vela |
| una bombilla | un espejo |
| el cielo | la luna |

d) ¿Qué le pasa a la luz blanca cuando atraviesa un filtro de color rojo?.

MOTIVACIÓN

Otro aspecto importante a tener en cuenta en toda programación es el de la motivación de los alumnos. Se debe procurar que se interesen por el tema que van a tratar y para ello proponemos comenzar la unidad con un debate. El profesor presentará una serie de cuestiones interesantes, es decir relacionadas con sus experiencias cotidianas, para que las analicen y mediten sobre ellas. Además, con estas cuestiones se persigue incitar a los alumnos a la discusión y al planteamiento de hipótesis y crear en ellos situaciones de conflicto cognitivo. Será en este tiempo de debate donde muchos alumnos comprobarán que sus ideas previas no les son útiles para explicar los fenómenos tratados y se pondrán en disposición de modificarlas o sustituirlas por otras más científicas.

Una forma de plantear el debate de manera organizada podría ser comenzando la discusión en grupos pequeños y ampliándola posteriormente en una común en la que participen todos los alumnos. Es importante que el ambiente de la clase sea relajado, a fin de facilitar una expresión libre del pensamiento, sin temor a que las ideas vayan a ser ridiculizadas o tenidas en cuenta negativamente por el profesor. De hecho, no se trata de que el profesor dé las respuestas correctas sino de que las ideas expresadas por los alumnos las presenten como hipótesis que posteriormente se comprobarán si son correctas.

En concreto, algunas cuestiones que, junto con las expuestas anteriormente para la detección de posibles ideas erróneas, servirían para iniciar el debate podrían ser:

¿Dónde hay luz ahora mismo en la clase?

¿Qué objetos emiten luz visible?

¿Por qué no vemos en la oscuridad?

¿Emiten luz las estrellas por el día? ¿Por qué no las vemos?
¿Cómo se propaga la luz?. ¿A qué velocidad, en kilómetros por hora, creéis que se propaga la luz (por ejemplo de una estrella)?
¿Qué colores tiene el arco iris? ¿De dónde salen esos colores?
¿Por qué vemos las cosas de colores?
¿Qué es el color negro?
¿Cómo se vería un objeto azul iluminado con luz roja?
¿Crees que todas las personas vemos igual los colores?. ¿Sabes qué es el daltonismo?
¿Crees que todos los animales ven igual que las personas?.

ACTIVIDADES DIDÁCTICAS

Hemos de ser conscientes de que son pocos los alumnos de los primeros cursos de la E.S.O. que son capaces de utilizar las operaciones del pensamiento formal, dado que la mayoría de ellos se encuentran en una etapa de transición entre los períodos concreto y formal. Conviene por tanto que los profesores apoyen las unidades didácticas de esta etapa de la educación con el necesario soporte material que permita a los alumnos razonar disponiendo de unas referencias palpables (Gil, 1993; Duschl et al., 1997; Duschl, 1998; Jiménez, 1998). Por ello proponemos como método didáctico la realización en la clase de una serie de actividades sencillas que partan del nivel de desarrollo de los alumnos. Todo ello sin olvidar que también se debe perseguir con dichas actividades que los alumnos, con ayuda del profesor, vayan evolucionando en sus capacidades intelectuales y desarrollando las destrezas de procedimiento de las ciencias (observación, formulación de hipótesis, predicción, investigación, obtención de conclusiones, comunicación, ...), en un momento clave en el que se forman sus actitudes hacia ellas (*D.C.D.* 1989; *Ciencias de la Naturaleza*, 1991).

Ciertas actividades se organizarán en grupos pequeños, otras podrán ser expuestas por algún grupo de alumnos o por el propio profesor. En cualquier caso, algunos criterios importantes a la hora de seleccionarlas deberán ser: que den oportunidades para desarrollar las ideas básicas sobre el mundo circundante; que despierten la curiosidad del alumno; que estén relacionadas con sus experiencias cotidianas y les ayuden a comprenderlas mejor; y que se precise de material sencillo para su realización, ya que el uso excesivamente pronto de equipos sofisticados hace de las ciencias algo lejano y complicado. En concreto, las actividades que proponemos son las siguientes (Watson, 1983; Palacios, 1987; Walpole, 1990; Cash, 1991; Hann, 1992; Murphy, 1992; Robson, 1995; Lues de Peña et al., 2001):

1.- Para identificar la luz visible como una mezcla de luces de diferentes colores

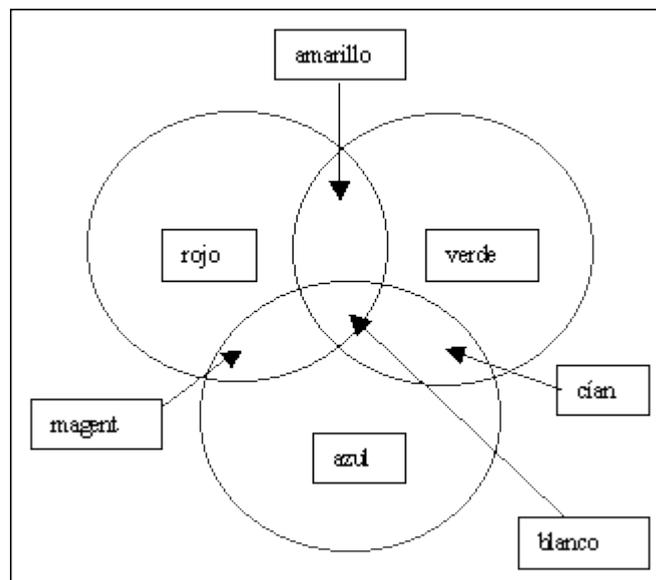
- a) El profesor descompondrá con un prisma la luz blanca de un retroproyector, proyectando el espectro de colores sobre una pantalla (para ello habrá que girar el retroproyector con respecto a la dirección de la pantalla). Los alumnos verán los colores del arco iris y observarán qué color se desvía más y cuál se desvía menos al atravesar el prisma. Seguidamente se irán intercalando filtros de colores entre el prisma y la pantalla para comprobar qué colores del espectro contienen algo del color del filtro (se seguirán viendo de ese color en la pantalla), y qué partes del espectro no contienen dicho color (desaparecerán de la pantalla).
- b) Los alumnos dividirán un disco redondo de cartulina rígida en secciones iguales y las pintarán con los colores del arco iris.

Seguidamente lo atravesarán con un cordel que pase por dos orificios hechos en el medio. Introduciendo un dedo de cada mano en cada extremo del cordel lo enrollarán fuertemente y separando y acercando las manos ligeramente harán girar la cartulina. La cartulina se verá de color blanquecino.

Aclaración: La retina del ojo retiene las imágenes (en este caso los colores) durante unas décimas de segundo. Al hacer girar rápidamente la cartulina, los distintos colores se superponen en la retina haciendo que la veamos blanca. Si los colores no son muy puros la veremos en un tono grisáceo.

2.- *Para conocer los colores primarios de la luz y el resultado de algunas de sus combinaciones.*

En un aula oscura, tres niños harán coincidir sobre un folio blanco las luces de colores obtenidas con tres linternas a las que se les han colocado filtros rojo, verde y azul respectivamente. Los colores que se podrán observar en la cartulina serán los siguientes:



Con algunos programas de ordenador (Enciclopedia Encarta) o en Internet (http://averroes.cec.junta-andalucia.es/recursos_informaticos/concurso/1premio/index.htm) se puede observar muy bien el resultado de las combinaciones de luces de distintos colores, jugando incluso con diferentes intensidad de los distintos haces de luz.

Este mismo resultado de combinar colores se puede conseguir pintando el disco de la experiencia 1b con los colores rojo, verde y azul. Al hacerlo girar se observará también de color blanquecino. Si se pinta la mitad del disco de color rojo y la otra mitad verde, al girarlo parecerá amarillento; con un trozo rojo y el otro azul resultará magenta; y el azul con el verde dará cían.

3.- *Para reconocer la frecuencia y la longitud de onda como características que diferencian las distintas ondas de la luz y asimilar*

que todas las ondas que componen la luz se trasladan en el vacío a la misma velocidad.

En un patio o lugar amplio, tres niños representarán tres haces de luz de colores diferentes de la siguiente manera: los tres caminarán a la misma velocidad sobre tres rayas, roja, verde y azul respectivamente, pintadas en el suelo. Cada uno se agachará cuando llegue a unas marcas equidistantes que habrá sobre las rayas. Estas marcas estarán más o menos juntas unas de otras según el color, de manera que el “niño azul” deberá agacharse y levantarse más frecuentemente que el verde, y éste más frecuentemente que el rojo. El número de veces que se agachen y levanten cada uno simulará la frecuencia de los tres colores. Así mismo, podrán compararse las distintas longitudes de onda con las distancias entre marcas.

Esta actividad se puede realizar también para representar otros tipos de onda no visibles (rayos X, radiación ultravioleta, ondas radio, etc.).

4.- Para relacionar el color de los objetos con la luz que les llega, la luz que reflejan y la luz que detectan nuestros ojos.

Se organizarán los alumnos en grupos. Cada uno de ellos dispondrá de objetos y dibujos de distintos colores en una caja cerrada de paredes oscuras con una pequeña ventana abierta a través de la cual se irán iluminando con luces de colores, conseguidas con linternas tapadas con filtros. Posteriormente mirarán esos mismos objetos con gafas con oculares de diferentes colores. Los alumnos discutirán sobre sus observaciones y el profesor fomentará la discusión sobre qué es el color negro.

5.- Para conocer algo de cómo se produce la visión a partir de la luz que entra en nuestros ojos y ser conscientes de que no todos los animales ven igual que el hombre.

a) Los alumnos obtendrán una visión estereoscópica observando dos dibujos iguales casi superpuestos, hechos con colores rojo y verde respectivamente, usando gafas con filtros diferentes (rojo en un ojo y verde en el otro).

Aclaración: La sensación de profundidad se debe a que cada ojo recibe una imagen ligeramente diferente a la del otro (a causa de la separación existente entre los dos ojos). En la actividad descrita, los filtros de las gafas hacen que cada ojo vea un dibujo distinto, obteniéndose también esa sensación de profundidad.

b) Cada alumno mirará fijamente unos veinte segundos a un punto de color azul, de un centímetro de diámetro aproximadamente, pintado sobre un folio blanco. Transcurrido ese tiempo desplazar la mirada a alguna parte blanca del folio. Observará un punto de color amarillo. Seguidamente hará lo mismo con puntos de otros colores.

Aclaración: En la retina del ojo existen tres tipos de células sensibles a la luz, llamadas conos. Hay tres tipos de conos; unos son sensibles a la luz roja, otros a la azul y otros a la verde. Los conos sensibles al color azul han quedado "fatigados" al estar expuestos durante tanto tiempo a la luz reflejada por el punto azul. Cuando sobre esa zona de la retina llega luz blanca (del folio), son los conos sensibles a la luz roja y a la luz verde los que mejor van a recogerla, por lo que el cerebro interpretará el color blanco del folio como la superposición de la luz roja más la verde, es decir como amarillo.

c) Los alumnos observarán algún dibujo de los que aparecen en libros elementales sobre la visión para detectar algún grado de daltonismo (Murphy, 1992).

Aclaración: Los conos de las personas daltónicas no perciben bien los colores por lo que no distinguen ciertos dibujos “camuflados” en una

amalgama de puntos de colores.

d) Los alumnos, distribuidos en grupos, deberán consultar diferente bibliografía para investigar cómo ven otros animales y posteriormente exponer a sus compañeros el resultado de su trabajo de investigación. Todas estas actividades descritas se pretende que sirvan al alumno para encontrar las respuestas a cuestiones que hayan ido surgiendo a lo largo del debate inicial. Dichas cuestiones las han podido plantear el maestro o los propios alumnos, por lo que nunca habrá que cerrar las puertas a la realización de otras actividades diferentes, con el fin de resolver algún problema concreto con el que en principio no habíamos contado.

PUESTA EN COMÚN

Después de la realización de las actividades se desarrollará una puesta en común para permitir al profesor hacer hincapié, o reformular si fuera necesario, las aportaciones de los grupos o de los alumnos y para concretar y afianzar todas las ideas científicas aparecidas durante la unidad.

A modo de resumen estas ideas serían:

- La luz se propaga aproximadamente a 1080 millones de kilómetros por hora en el vacío y en el aire.
- La luz visible está formada por diferentes ondas, cada una de un color (colores del arco iris).
- La luz visible al entrar en un medio transparente distinto se desvía y se separa en colores (también cambia su velocidad de propagación). La luz de color azul se desvía más que la roja.
- Cada color tiene una frecuencia y longitud de onda diferentes, aunque se mueven todos a la misma velocidad en el vacío. El color violeta es el de menor longitud de onda (y mayor frecuencia) y el rojo el de mayor longitud de onda (y menor frecuencia).
- La luz visible es solo una parte de las ondas que emiten los objetos luminosos (el Sol, una bombilla, una llama,...). Otras ondas no las podemos ver (ultravioleta, ondas radio, infrarrojo, etc.).
- Los haces de luz rojo, verde y azul son los haces primarios de la luz. Se puede conseguir luz de cualquier otro color mediante las distintas combinaciones de estos tres haces primarios.
- Un objeto lo vemos de un determinado color porque dicho color (o colores) es reflejado (o reflejados) al incidirle la luz, mientras que los demás colores son absorbidos por el objeto. La luz reflejada que penetra en nuestros ojos hace posible que lo veamos.
- La luz que entra a través de la pupila del ojo impresiona unas células sensibles, llamadas conos, que están en la retina. Estas células son de tres tipos; unas son sensibles a la luz roja, otras a la luz azul y otras a la luz verde.
- El daltonismo es un defecto en la visión que padecen algunas personas. Los conos de las personas daltónicas no perciben los colores correctamente. Lo más normal es que los colores rojos y verdes los vean como matices de gris.
- No todos los animales ven los colores como las personas.

Para finalizar se aconseja realizar otro debate a fin de que los alumnos tengan la oportunidad de utilizar lo aprendido en explicaciones de otros fenómenos cotidianos relacionados también con la luz. En dicho debate, se podrían plantear cuestiones del tipo:

- ¿Se ven los rayos de luz que salen, por ejemplo, de una linterna en dirección a una pared?. ¿Qué podemos hacer para verlos?.
- ¿Cómo ven el cielo los astronautas? ¿Por qué crees que lo ven

así?.

- ¿Por qué desde la Tierra vemos el cielo azul?. ¿Cómo lo veríamos si no hubiera atmósfera?.
- ¿Por qué si queremos coger un objeto del fondo de una piscina nos parece que está en otro sitio?. ¿Por qué si introducimos la cabeza dentro del agua ya no tenemos problemas para ubicarlo?.
- ¿Cómo crees que se forma el arco iris?.
- ¿Qué luces crees que forman los colores en una pantalla de televisión?.
- ¿Qué pasa con la parte de la luz que absorben los objetos?. ¿Por qué crees que en verano se utilizan prendas de colores más claros que en invierno?.
- ¿Cuántos kilómetros recorre la luz en un año?. ¿Qué significado crees que tiene la distancia de un “año luz”?.

El debate final debe ser útil y esclarecedor para el alumno ya que con él podrá afianzar los conceptos estudiados, resolver dudas pendientes, sacar conclusiones concretas, realizar conexiones entre distintos aspectos del tema, aplicar los conceptos adquiridos en otros ámbitos distintos y abrir nuevos campos de conocimiento y de investigación. Así mismo creemos conveniente que, antes de finalizar la unidad, se realicen resúmenes, esquemas y mapas conceptuales que ayuden a los alumnos a organizar, relacionar y afianzar los contenidos.

BIBLIOGRAFÍA

- BENLLOCH, Montse. (1997). *Desarrollo cognitivo y teorías implícitas en el aprendizaje de las ciencias*. Aprendizaje Visor.
- CASH, Terry. (1991). *Fun with Physics*. Simon & Schuster.
- DUSCHL, R. (1998). La valoración de argumentaciones y explicaciones. Promover estrategias de retroalimentación. *Enseñanza de las Ciencias* 16(1), 3-20.
- DUSCHL, R.A. y GITOMER, D.H. (1997). Strategies and challenges to changing the focus of assessment and instruction in science classrooms. *Educational Assessment* 4(1), 37-73.
- FEHER, E. And RICE, K. (1992). Childrens' conceptions of color. *Journal of Research in Science Teaching*. **29**, 505-520.
- GALILI, I. and HAZAN, A. (2000). Learners' knowledge in optics: interpretation, structure and analysis. *International Journal of Science Education*. **22**, [1], 57-88.
- GIL, D. (1993). Contribución a la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, vol 11, nº2, 197-212.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (1998). Diseño curricular: investigación y razonamiento en el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 16(2), 203-216.
- HANN, Judith. (1992). *How Science Works*. DK.
- HARLEN, W. (1998). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Ministerio de Educación y Cultura. Ediciones Morata, S.L.
- HARRIS, J. (1999). A Few Simple Questions about Colour in Art and Science. *School Science Review*. **80**, 293, 43-52.
- LANGLEY, D.; RONEN, M. and EYLON B.S. (1997). Light propagation and Visual Pattern: Preinstruction Learners' Conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*. **34**, 4, 399-424.
- LUES DE PEÑA, M. y otros (2001). Un estudio experimental de la física del color. *Revista española de física* 15 [2], 46-48.

- MENDOZA, A. (2000). Conceptualización de la “luz” en niños de seis a nueve años. *Revista de Educación de las Ciencias*. 1, [1], 26-30.
- MURPHY, B. (1992). *Experimentamos con la luz*. Ed. Edelvives.
- OSBORNE, R. y FREYBERG, P. (1995). *El aprendizaje de las ciencias: Influencia de las “ideas” previas de los alumnos*. Ed. Narcea.
- PALACIOS, C. y otros (1987). *Ciencias Naturales 3*. Taller de Arquímedes. En Acción. Ed. SM.
- PESA DE DANÓN, M. (1999). Concepciones y preconcepciones referidas a la formación de imágenes. *Revista de Enseñanza de la Física* 12(1), 13-46.
- ROBSON, P. (1995). *Luz, color y lentes*. Taller de Ciencias. Ed. Monteverde.
- SALINAS, J y SANDOVAL, J. (1999). Formación y percepción visual de imágenes producidas por prismas: concepciones de los estudiantes. *Revista española de Física* 13(4), 38-43
- WALPOLE, B. (1990). *Luz*. Jugando con la Ciencia. Ed. Sigmar.
- WATSON, P. (1983). *Luz fantástica. Juegos y experimentos con luz*. Ciencia-Clup. Ed. Everest S.A.
- *Diseño Curricular Base de Educación Secundaria Obligatoria*. (1989). M.E.C.
- *Ciencias de la Naturaleza*. Primer curso de Educación Secundaria Obligatoria. (1991). Edelvives.