

LA ENSEÑANZA DE LA LUZ Y LA VISIÓN CON UNA ESTRUCTURA PROBLEMATIZADA: PROPUESTA DE SECUENCIA Y PUESTA A PRUEBA DE SU VALIDEZ

OSUNA GARCÍA, LUIS y MARTÍNEZ-TORREGROSA, JOAQUÍN
Didáctica de las CC Experimentales. Universidad de Alicante
<joaquin.martinez@ua.es>

OBJETIVOS

En trabajos anteriores hemos estudiado las ideas sobre la luz y la visión que a lo largo de la historia se han mantenido, prestando especial atención a los aspectos de mayor influencia didáctica. En dicho estudio hemos identificado los pasos importantes y los obstáculos que hubo que superar para elaborar el modelo de visión de Képler (1604) (figura 1), al que consideramos con suficiente coherencia y capacidad explicativa y predictiva para ser el objetivo de la enseñanza en los niveles de ESO y bachillerato. Simultáneamente hemos comprobado que dichos obstáculos están aún presentes en la mayoría de los alumnos de bachillerato después de haber recibido enseñanza sobre el tema (Osuna y Martínez-Torregrosa, 2001).

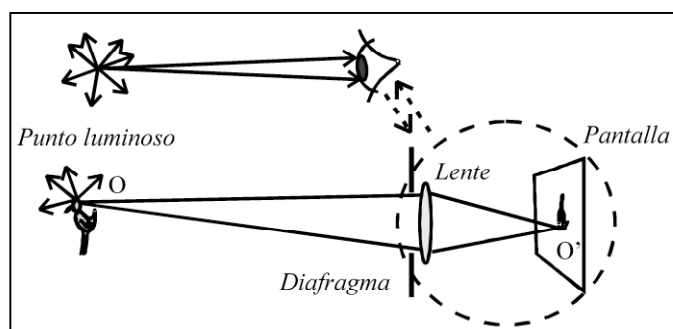


FIGURA 1
Modelo de visión de Képler

En este trabajo presentamos la estructura de una secuencia de enseñanza problematizada que recoge dicho conocimiento, y los resultados sobre el aprendizaje producido tras su aplicación en el aula con alumnos de ESO.

MARCO TEÓRICO

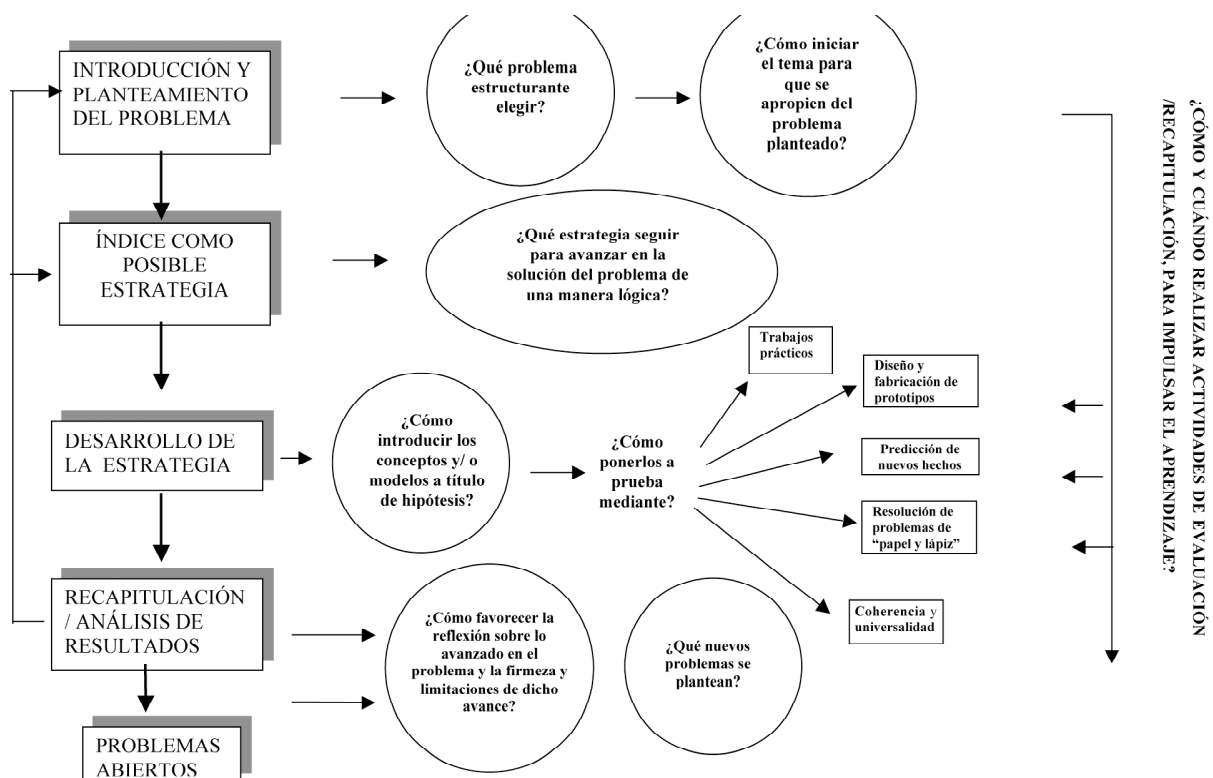
Desde el modelo de enseñanza por investigación dirigida (Martínez-Torregrosa et al., 2002), una secuencia de enseñanza con una estructura problematizada estaría caracterizada por:

- El inicio del tema debe ser el planteamiento de un problema de interés y con suficiente entidad para estructurar la actividad del aula en torno a él. El título debería estar en forma interrogativa.
- La secuencia de apartados o índice debe ser una posible estrategia lógica para tratar de solucionar dicho problema.

- Los conceptos y modelos deben introducirse tentativamente, como hipótesis fundadas que han de ser sometidas a prueba.
- La evaluación debe ser entendida como recapitulación y afianzamiento de los avances producidos en la resolución del problema inicial.

Concretar esta estructura para un tema específico requiere responder a las preguntas planteadas en el gráfico1.

GRÁFICO 1
Estructura de un tema y preguntas que se plantean para su concreción en una secuencia de actividades.
 (Martínez-Torregrosa et al, 2002)



DESARROLLO DEL TEMA

¿Qué problema elegir para organizar la enseñanza? Un análisis histórico y epistemológico sobre la luz y la visión nos muestra que antes de que la luz (sus propiedades, su comportamiento) se convirtiera en objeto de investigación por sí misma (con preguntas tales como ¿por qué se propaga, se refleja o se refracta como lo hace?), los avances en el conocimiento científico en este campo se realizaron al tratar de solucionar el problema de *cómo vemos* (Ferraz, 1974). Tras el análisis realizado y para un nivel de formación básica, hemos considerado que el problema “¿cómo vemos? ¿cómo podríamos ver mejor?”, tiene suficiente interés y capacidad estructurante para organizar la enseñanza. El objetivo a conseguir con los alumnos sería, pues, que fueran capaces de explicar cómo vemos, tanto en visión directa como en visión indirecta (al mirar a los espejos, a través de lentes, cuando el objeto y el ojo se encuentran en medios distintos, etc.) apropiándose de un modo funcional del modelo de Képler.

La formulación de una posible estrategia y del sistema de evaluación exige identificar metas parciales o pasos necesarios que habrá que dar en la secuencia didáctica para apropiarse del modelo de visión de Képler y los obstáculos que previsiblemente van a encontrar los estudiantes. En el cuadro 1 se muestran dichas metas y obstáculos que la investigación didáctica de los últimos 20 años en este campo viene señalando de forma independiente y coincidente (Galili y Hazan, 2000).

A. Concebir la visión a partir de un modelo en el que se relaciona la luz, el objeto y el ojo del observador. Lo que supone superar los obstáculos:

A1. Creer que es posible ver un objeto sin que llegue luz al ojo procedente de él.

A2. No considerar que los objetos iluminados son emisores de luz.

A3. No considerar que la luz existe independiente de la fuente y del ojo, y que viaja en el espacio.

B. Disponer de un esquema geométrico e idealizado de representación de la propagación de la luz, potencialmente explicativo. Lo que supone superar los obstáculos:

B1. Considerar que la luz se ve y que los rayos son materiales.

B2. No modelizar las fuentes luminosas extensas como conjuntos de fuentes puntuales emisoras de luz en todas direcciones

B3. No realizar trazados gráficos con haces divergentes de luz.

C. Saber qué es una imagen óptica y cómo se forma. Lo que supone superar los obstáculos:

C1. Creer que la imagen es una emanación del objeto que se traslada “ya hecha” o que los rayos son portadores de cada uno de los puntos de la imagen.

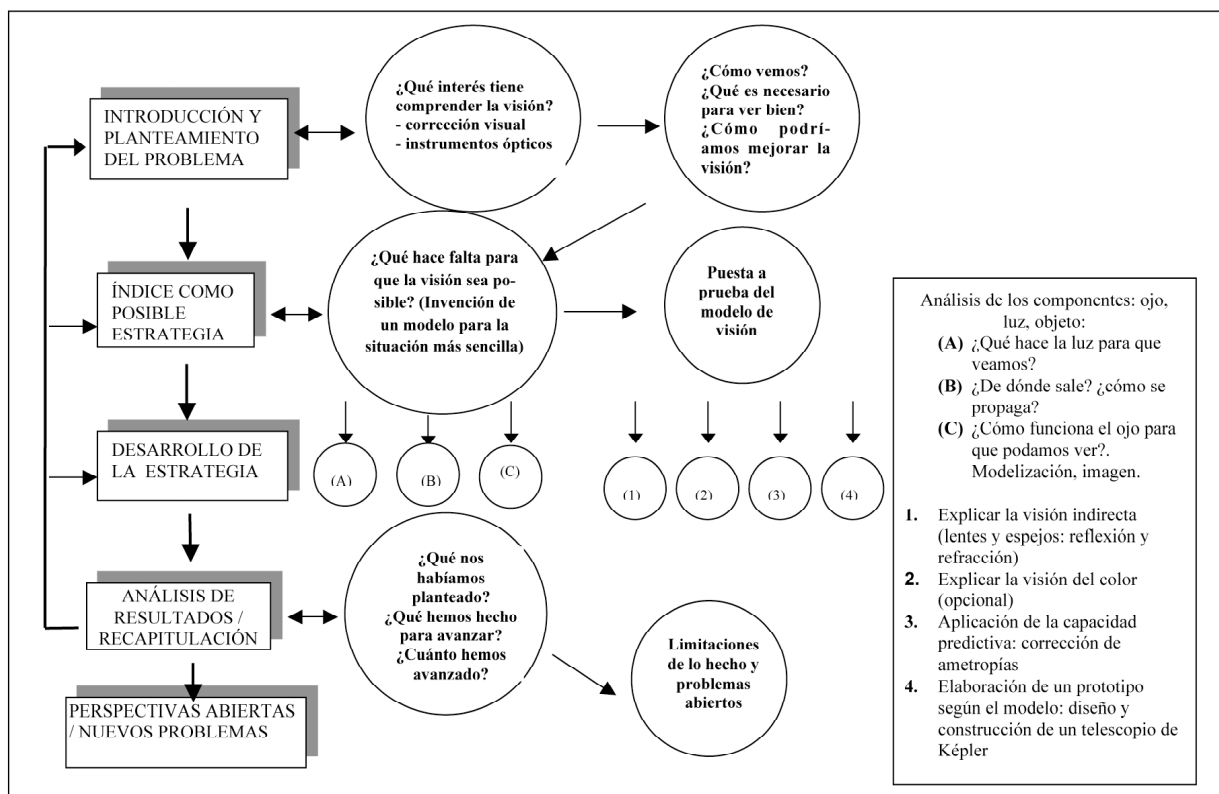
C2. No considerar al ojo como un instrumento óptico formador de imágenes, por lo que se puede creer que la imagen tiene existencia independientemente del ojo.

Asimismo, este análisis nos proporciona indicaciones sobre cómo establecer la estrategia con una lógica problematizada, sobre cómo establecer un itinerario de aprendizaje. En síntesis sería:

- a) Plantear el problema ¿cómo vemos? como origen de una teoría geométrica de la luz y la visión y organizar la enseñanza en torno a él.
- b) Considerar la propagación rectilínea, la reflexión y la refracción como hipótesis formuladas para explicar la visión y no como consecuencias de una determinada concepción de la naturaleza de la luz.
- c) Establecer la necesidad de que llegue luz al ojo para que se produzca la visión, antes de abordar el estudio de fenómenos con dispositivos ópticos.
- d) Elaborar un sistema de representación geométrico idealizado de la luz.
- e) Modelizar el ojo como un instrumento óptico formado por una lente y una pantalla con el que conceptualizar la imagen óptica.
- f) Poner a prueba el modelo de visión elaborado explicando la visión indirecta, las anomalías visuales y diseñando o “imaginando” instrumentos ópticos, ...
- g) Plantear algunos límites de aplicación de la teoría geométrica de la visión.

Estas reflexiones nos permiten proponer el siguiente gráfico de estructura problematizada:

GRÁFICO 2
Estructura problematizada del tema: “¿cómo vemos? ¿cómo podemos ver mejor?”



Unida a esta estrategia está la conveniencia de que las actividades que se diseñen, que componen la estructura fina de la secuencia de enseñanza, contemplen los obstáculos que deben ser superados para que sean aceptadas las nuevas ideas sobre la luz y la visión, implícitas en el modelo de visión de Képler, que queremos que aprendan nuestros alumnos. Por otro lado, las actividades concretas para la introducción de conceptos y/o hipótesis, las actividades de evaluación, las actividades de puesta a prueba de los modelos construidos, los diseños experimentales para la realización de las observaciones y trabajos prácticos y, por supuesto, las actividades donde los alumnos tengan ocasiones reiteradas de exponer sus ideas y razonamientos se presentan impuestas por la lógica problematizada que hemos propuesto para abordar el problema estructurante.

Como consecuencia de la planificación de la secuencia de enseñanza que venimos comentando, esperamos que *“La instrucción sobre la luz y la visión basada en una unidad didáctica de estructura problematizada según la descripción anterior produce mejoras sustanciales respecto a la enseñanza habitual”*.

En línea con otros trabajos, la contrastación de esta hipótesis deberá mostrar que la estructura problematizada de la unidad didáctica resulta relevante desde el punto de vista conceptual, epistemológico y actitudinal para producir una adecuada comprensión de cómo vemos. Aquí sólo presentaremos las mejoras de los aspectos conceptuales, para ello recurriremos a la comparación de los indicadores de comprensión (cuadro 1) en diferentes situaciones y muestras de estudiantes de enseñanza secundaria. Esta forma de validar la estructura de la unidad didáctica consistente en comparar el conocimiento físico adquirido con el tratamiento diseñado, con el conocimiento de sentido común de los estudiantes, antes y después de la enseñanza habitual está siendo reclamado en los editoriales de las revistas de investigación didáctica actualmente. Las mejoras en los aspectos actitudinales, no menos importantes, serán presentadas en un futuro trabajo.

Para contrastar los aspectos conceptuales de la hipótesis hemos utilizado un conjunto de cuestiones en las que se abordan diferentes situaciones relacionadas con la imagen óptica, la visión de los objetos al mirarlos directa e indirectamente (al mirar a un espejo, al fondo de un recipiente con agua o a una pantalla), la luz como entidad física independiente en el espacio, las fuentes secundarias de luz y los esquemas de representación geométricos para la luz.

Se han usado cinco muestras de estudiantes de enseñanza secundaria:

ESO-1: 71 estudiantes de 2º y 3º de ESO antes de enseñanza.

ESO-2: 183 estudiantes de 2º de ESO después de enseñanza habitual de la óptica

BAC-3: 57 estudiantes de 2º curso de bachillerato después de la enseñanza habitual de la óptica.

ESO-4: 147 estudiantes de 2º y 3º de ESO después de la enseñanza con una secuencia didáctica de estructura problematizada, o grupo experimental.

ESO-5: 28 estudiantes de 4º de ESO que respondieron el cuestionario el curso siguiente a la puesta en práctica del tratamiento experimental.

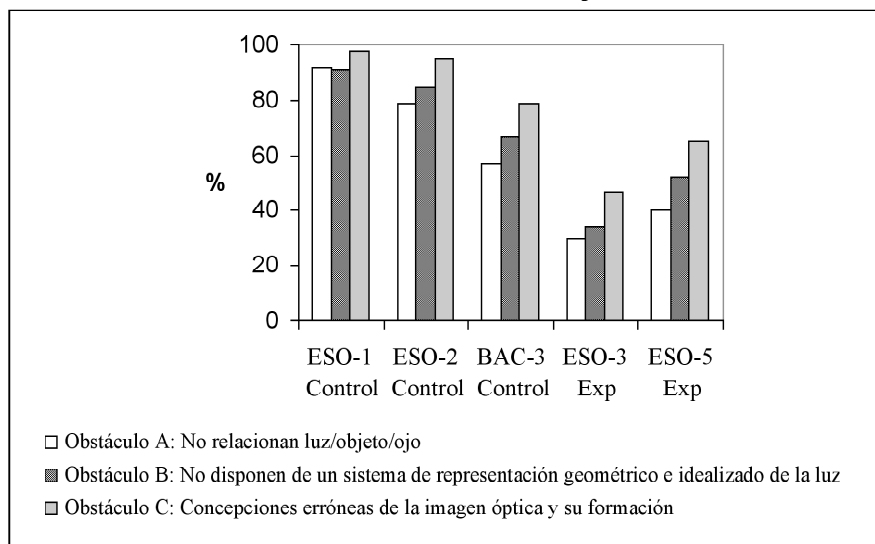
CONCLUSIONES

En el cuadro 3 mostramos los porcentajes de error sobre la presencia de obstáculos a los indicadores de comprensión de las diferentes muestras.

CUADRO 3
Resultados de los obstáculos para la comprensión del modelo de visión de Képler.

OBSTÁCULOS PARA LA COMPRENSIÓN DEL MODELO DE VISIÓN DE KÉPLER	CONTROL						EXPERIMENTAL			
	Antes		Después de la enseñanza				Final del tratamiento	Al curso siguiente		
	ESO-1 N= 71 % Sd		ESO-2 N= 183 % Sd	BAC-3 N=59 % Sd			ESO-4 N=147 % Sd	ESO-5 N=28 % Sd		
A ₁ . Creen que es posible ver un objeto sin que llegue luz al ojo procedente de él	91	3	72	3	39	6	27	4	24	8
A ₂ . No consideran que los objetos iluminados son emisores de luz	92	3	77	3	53	6	22	3	50	9
A ₃ . No consideran que la luz tiene existencia independiente y que viaja en el espacio	94	3	89	2	78	5	42	4	45	9
% medio de error en el obstáculo A	92	3	79	3	57	6	30	4	40	9
B ₁ . Consideran que la luz se ve y que los rayos son materiales.	83	4	73	3	59	6	31	4	54	9
B ₂ . No modelizan las fuentes extensas de luz como conjuntos de emisores puntuales	90	3	87	2	53	6	31	4	33	9
B ₃ . No representan haces de luz emitidos desde cada punto del objeto	99	1	96	1	90	4	39	4	68	9
% medio de error en el obstáculo B	91	3	85	3	67	6	34	4	52	9
C ₁ . Creen que la imagen se traslada "ya hecha" desde el objeto o que los rayos son portadores de cada uno de los puntos de la imagen	96	2	95	2	83	5	46	4	71	9
C ₂ . No consideran al ojo como un instrumento óptico formador de imágenes	100	-	94	2	75	6	48	4	59	9
% medio de error en el obstáculo C	98	2	95	2	79	5	47	4	65	9

GRÁFICO 4
% de error en los indicadores de comprensión.



Desde la perspectiva de Investigación y Desarrollo, los resultados de la aplicación en el aula de nuestra secuencia de actividades sobre “la luz y la visión” en la ESO pueden ser vistos como una validación de su estructura didáctica y de los procesos de enseñanza-aprendizaje implicados, enfatizando los cambios, como señalaba nuestra hipótesis, en el conocimiento de los estudiantes después de la aplicación del tratamiento.

Los estudiantes de ESO después del tratamiento con la unidad didáctica de estructura problematizada presentan indicadores de comprensión claramente mejores que el resto. En los estudiantes de ESO (13-15 años), la enseñanza habitual no consigue mejoras sustanciales en la comprensión del modelo de Képler, ya que los porcentajes de error sobre los indicadores de comprensión son del mismo orden de magnitud que en los estudiantes de esas edades antes de la enseñanza. Debe resaltarse que las diferencias entre los grupos experimentales y los alumnos de control son significativas (para $p < 0.05$) incluso cuando comparamos los alumnos de ESO experimentales con los alumnos de 2º curso de bachillerato (17-19 años) después de la enseñanza habitual, es decir, cuando comparamos muestras de estudiantes entre las que existen diferencias de instrucción en Física y Química de tres cursos.

Por último, la comprensión del modelo de visión de Képler, según los resultados obtenidos, se revela como un tópico de gran dificultad ya que los estudiantes manifiestan obstáculos para la comprensión de sus indicadores de comprensión fuertemente arraigados en el pensamiento común de los estudiantes que son difíciles de modificar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERRAZ, A. (1974). *Teorías sobre la naturaleza de la luz. De Pitágoras a Newton*. Madrid: Dossat.
- GALILI, I. y HAZAN, A. (2000). Learners' knowledge in optics: interpretation structure and analysis. *International Journal of Science Education*, 22 (1), 57-88.
- KEPLER, J. (1604). *Les fondaments de l'optique moderne*. Paralipomènes a Vitellion (Edición 1980). (París: Vrin).
- MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., VERDÚ, R. Y OSUNA, L. (2002). Enseñar y aprender en una estructura problematizada. *Alambique*, 34, 47-55.
- OSUNA, L. Y MARTÍNEZ-TORREGROSA J. (2001). Planificación de una unidad didáctica sobre “la luz y la visión”: análisis de las barreras históricas y de su relevancia para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra, VI Congreso. 219-220.