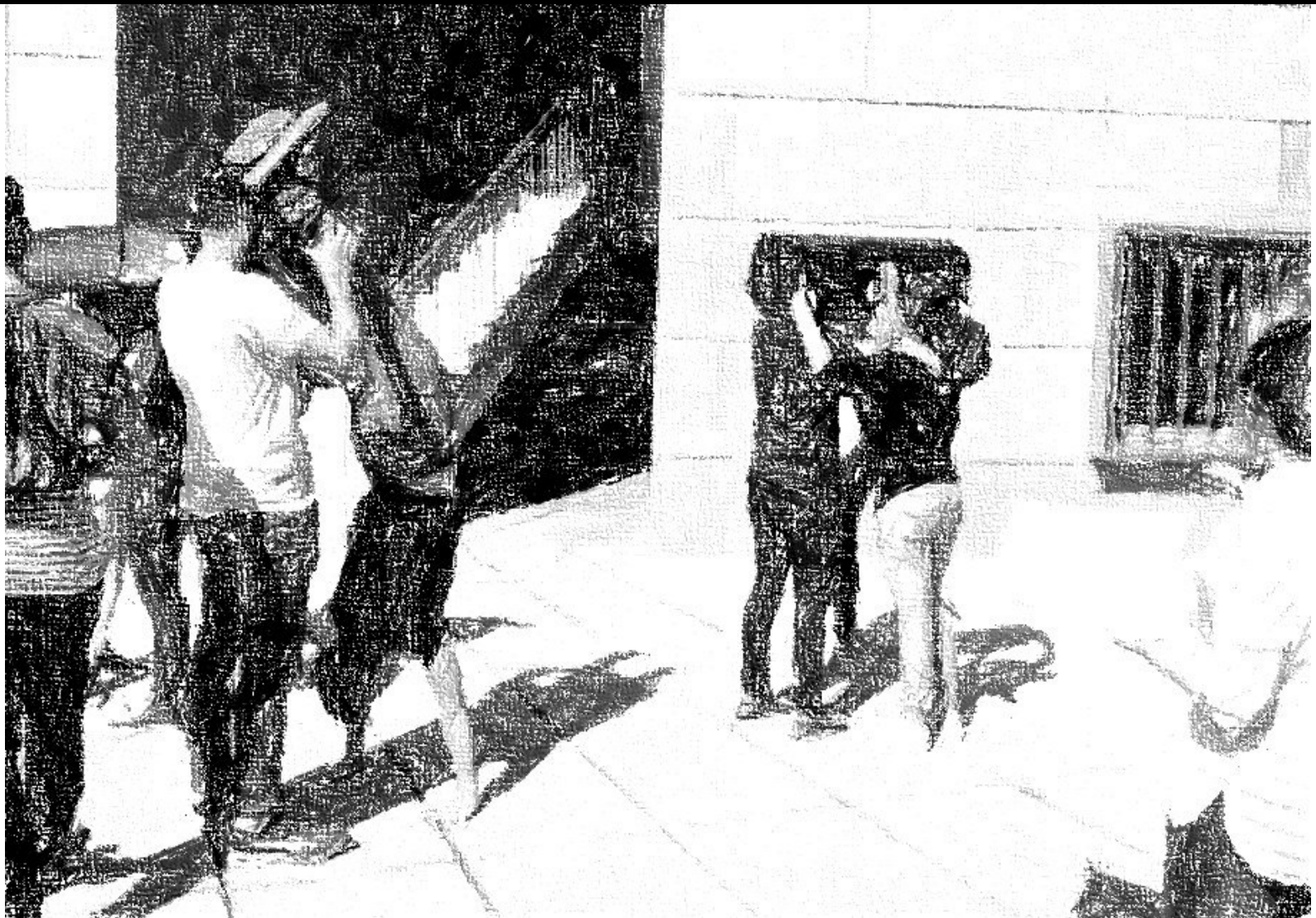




TESIS DOCTORAL

**LA CÁMARA OSCURA COMO RECURSO EN LA
ENSEÑANZA DE LA CIENCIA POR INDAGACIÓN.
ANÁLISIS DE SU EFECTIVIDAD DIDÁCTICA.**

Granada Muñoz-Franco





Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales

Facultad de Ciencias de la Educación

Universidad de Sevilla

**LA CÁMARA OSCURA COMO RECURSO EN LA
ENSEÑANZA DE LA CIENCIA POR INDAGACIÓN.
ANÁLISIS DE SU EFECTIVIDAD DIDÁCTICA.**

Doctorado en Educación

Tesis Doctoral

Presentada por:

Granada Muñoz Franco

Dirigida por:

Dra. Dña. Ana María Criado García-Legaz

Dr. D. Antonio García-Carmona

Sevilla, 2018

Cuando emprendas tu viaje a Itaca
pide que el camino sea largo,
lleno de aventuras, lleno de experiencias.
No temas a los lestrigones ni a los cíclopes
ni al colérico Poseidón,
seres tales jamás hallarás en tu camino,
si tu pensar es elevado, si selecta
es la emoción que toca tu espíritu y tu cuerpo.
Ni a los lestrigones ni a los cíclopes
ni al salvaje Poseidón encontrarás,
si no los llevas dentro de tu alma,
si no los yergue tu alma ante ti.
Pide que el camino sea largo.
Que muchas sean las mañanas de verano
en que llegues -¡con qué placer y alegría!-
a puertos nunca vistos antes.
Detente en los emporios de Fenicia
y hazte con hermosas mercancías,
nácar y coral, ámbar y ébano
y toda suerte de perfumes sensuales,
cuantos más abundantes perfumes sensuales puedas.
Ve a muchas ciudades egipcias
a aprender, a aprender de sus sabios.
Ten siempre a Ítaca en tu mente.
Llegar allí es tu destino.
Mas no apresures nunca el viaje.
Mejor que dure muchos años
y atracar, viejo ya, en la isla,
enriquecido de cuanto ganaste en el camino
sin aguantar a que Ítaca te enriquezca.
Ítaca te brindó tan hermoso viaje.
Sin ella no habrías emprendido el camino.
Pero no tiene ya nada que darte.
Aunque la halles pobre, Ítaca no te ha engañado.
Así, sabio como te has vuelto, con tanta experiencia,
entenderás ya qué significan las Ítacas.

C. P. Cavafis

RESUMEN

Se presentan los resultados y conclusiones de una investigación educativa, de corte cualitativo, orientada a analizar la efectividad didáctica de la *cámara oscura* como recurso para comprender la formación de imágenes (cómo es posible ver los objetos, cómo llega a formarse la imagen de estos en nuestra retina, y cómo es la imagen que se forma en la retina en relación con el objeto observado), en el contexto de una *indagación científica guiada*. El recurso se implementa y evalúa en la formación de futuro profesorado de Educación Primaria, con una finalidad que se desglosa en los dos problemas de investigación siguientes: (1) *¿Qué aprende el futuro profesorado sobre fenómenos relacionados con la visión mediante una secuencia indagativa, utilizando la cámara oscura?*; y (2) *¿Qué aprende el futuro profesorado con la cámara oscura para enseñar sobre fenómenos relacionados con la visión desde un enfoque indagativo?*

En el estudio participaron 104 futuros profesores de 2º curso del Grado en Educación Primaria (FPP), de edades comprendidas entre los 19 y 25 años, divididos en 26 grupos de trabajo, que se formaban en enseñanza de la ciencia. Con el fin de encontrar respuestas a los dos problemas de investigación planteados se utilizaron técnicas e instrumentos para la toma de datos propios de la investigación cualitativa, tales como cuestionarios de preguntas abiertas, cuaderno de indagación del alumnado, diario de la profesora y entrevistas no estructuradas. La aplicación imbricada de todos estos instrumentos permitió triangular la información y obtener conclusiones determinantes para la investigación.

Respecto al aprendizaje sobre fenómenos relacionados sobre la visión, los resultados nos indican que más de la mitad de los FPP consiguieron alguna progresión de sus ideas hacia los niveles de conocimiento deseables, en relación con los fenómenos estudiados. De manera que el recurso, utilizado dentro de la secuencia indagativa planteada, ha favorecido la identificación de los elementos implicados en el fenómeno de la visión. Asimismo, ayuda a comprender cómo llega a producirse una imagen en nuestra retina, y cuáles son sus principales características en relación con el objeto observado. Los FPP han podido observar, por ellos mismos y usando solo un sencillo artefacto de cartón, cómo las imágenes que aparecen en la pantalla de sus cámaras oscuras están invertidas, siendo la inversión en la dirección arriba-abajo la que más fácilmente han identificado. Se concluye que la cámara oscura, utilizada en el contexto de una indagación científica, es un recurso útil para que los FPP mejoren sus conocimientos sobre la formación de imágenes.

Por otra parte, la indagación realizada, en cuanto a su formación como futuros docentes, les ha permitido conocer un buen recurso educativo para enseñar algunos fenómenos ópticos en las aulas de Primaria, que han podido comprobar en primera persona. Esto les ha permitido familiarizarse con el enfoque de enseñanza por indagación, en aras de su formación docente en esta metodología educativa. Ello ha propiciado que identifiquen, en gran medida, las fases de una indagación escolar y hayan sido capaces de plantear preguntas investigables respecto al problema propuesto, que son el punto de partida de la indagación en el aula.

En síntesis, podemos decir que la cámara oscura empleada se instituye como un recurso efectivo en la formación de FPP desde dos perspectivas: por un lado, favorece que los FPP aprendan sobre el fenómeno tratado (ha mejorado

las concepciones de un alto porcentaje de FPP sobre la formación de imágenes); y, por otro, ha contribuido a su formación como docentes de ciencia a través de su propio proceso de aprendizaje.

Finalmente se indican las implicaciones de la investigación, con vistas a la formación de futuro profesorado de Educación Primaria en el enfoque basado en la indagación, las limitaciones del estudio, y perspectivas futuras para continuar en esta línea de investigación didáctica

Palabras clave: cámara oscura, formación de imágenes, indagación, educación primaria, formación del profesorado en ciencia

ABSTRACT

The results of a qualitative study and focused on determining the effectiveness of the camera obscura as a didactic tool. The study aims to understand image formation (i.e., how it is possible to see objects and how their image is formed on the retina, and what the image formed on the retina is like compared to the object observed) in a context of a guided inquiry based learning (IBL) approach? The study involved 104 prospective primary teachers (PPTs), age range of 19-25 years old, grouped in 26 small working groups, who were being trained in science teaching on the second year of their 4-year-Bachelor Degree. The resource was used and assessed aiming the following inquiry questions: (1) *What educational effectiveness does the camera obscura have for the PPT's to improve their understanding of phenomena related to sight, in an IBL context?*, (2) *What do the PPT's learn about teaching sight phenomena with the camera obscura, used with an IBL approach?*

Some qualitative techniques and instruments are used such as opened questionnaires (pre- and post-test), an inquiry notebook, teacher's diary and semi-structured interviews. All the collected data led to draw relevant conclusions for the inquiry. The data were analyzed by combining methods of inter- and intra-rater analysis.

The results showed that more than half of the PPTs advanced in their ideas towards the desirable level of knowledge in relation to the phenomena studied. The conclusion is that the camera obscura, used in a context of scientific inquiry, is a useful tool for PPTs to improve their knowledge about image formation, and first-person experience about an authentic scientific inquiry during their teacher training. This assertion is based on the fact that this

resource, used in an IBL sequence, promotes the identification not only of the elements involved in sight, but also of the relationship between them, which latter is often more difficult. It also helps students to understand how an image comes to be formed on our retina, and what are its main characteristics in relation to the object observed.

The PPT's could observe by themselves, using only a simple device made of cardboard, how the images displayed on the screen of the camera obscura are inverted, with the up-down inversion being the most easily observed.

In synthesis, we can say that the camera obscura used is indeed, an effective tool in PPTs' training from two perspectives: on the one hand, it favors their learning about the phenomenon dealt with (for a high percentage of the PPTs, it improved their conceptions about image formation). On the other hand, it lets them experience an educational resource to teach some optical phenomena in their future primary classes. Added to this, the contribution of the educational intervention with the camera obscura to their becoming familiar with the IBL approach, must be mentioned. This training promoted their identification of the IBL stages, starting with researchable questions concerning the initial posed problem.

Finally, inquiry implications are drawn with a view to the training of PPT's on the IBL approach. Limitations of the study, and perspectives on issues for future research are reported.

Keywords: camera obscura; image formation; inquiry-based learning; primary education; science teacher training.

ÍNDICE

	Pág.
0. INTRODUCCIÓN.....	21
0.1. Origen de la investigación.....	23
0.2. Justificación de la investigación.....	27
0.3. La elección de fenómenos ópticos como objeto de estudio.....	29
Capítulo 1. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES.....	35
1.1. El aprendizaje de la ciencia basado en la indagación.....	37
1.2. Las actividades experimentales en la enseñanza de la ciencia.	39
1.3. Las actividades experimentales y el aprendizaje por indagación.....	43
1.4. La formación del futuro profesorado de Primaria en actividades experimentales como indagación.....	51
1.5. El aprendizaje de fenómenos relacionados con el proceso de la visión.....	53
1.5.1. ¿Qué ideas tienen los estudiantes sobre cómo se forman las imágenes en el proceso de la visión?.....	55
1.6. La cámara oscura en la enseñanza de la ciencia.....	59
Capítulo 2. PROBLEMAS, OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	61
2.1. Problemas y objetivos.....	63
2.2. Hipótesis.....	67
Capítulo 3. METODOLOGÍA.....	69
3.1. Participantes y contexto.....	73
3.2. Técnicas e instrumentos utilizados para la recogida de datos.....	75
3.3. Obtención de datos y proceso de análisis.....	83
3.3.1. Diseño de la rúbrica de evaluación del cuestionario.....	83
3.3.2. Diseño de la intervención docente.....	93
3.3.3. Proceso de análisis de la información.....	105

Capítulo 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	109
4.1. Resultados.....	111
4.1.1. Resultados correspondientes al subproblema 1: comprensión de los futuros docentes sobre el proceso de la visión.....	111
4.1.2. Resultados correspondientes al subproblema 2: conocimientos didácticos logrados por los FPP con vistas a su formación como profesores de ciencia.....	131
4.2. Discusión.....	147
Capítulo 5. CONCLUSIONES, LIMITACIONES, PERSPECTIVAS y PROPUESTA DE MEJORA.....	153
5.1. Conclusiones.....	155
5.2. Limitaciones.....	159
5.3. Propuestas de mejora.....	161
5.4. Perspectivas futuras.....	163
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	165
ANEXOS.....	187
Anexo 1. Cuestionario.....	189
Anexo 2. Cuaderno de indagación del alumnado.....	195
Anexo 3. Parrilla de observación (diario de la profesora).....	211

INTRODUCCIÓN

0. INTRODUCCIÓN

0.1. Origen de la investigación

Resulta más comprensible lo realizado durante estos años de doctorado si se exponen cuáles han sido y son mis intereses e inquietudes profesionales en el ámbito de la educación; concretamente, en relación con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales, ya que todo ello ha influido enormemente en la realización de este trabajo.

Para conocer el origen de este estudio hay que remontarse algo en el tiempo, a mis años de estudiante en la Facultad de Ciencias Físicas, a la que llegué con una clara vocación por las ciencias, que aún mantengo. A esto hay que añadir, entre otras cosas, mi interés por la docencia, que me llevó a formarme como maestra de Educación Primaria, en la Facultad de Ciencias de la Educación de la US. Dentro del plan de estudios de la diplomatura, me interesó especialmente la asignatura troncal de Didáctica de las Ciencias Naturales, en la que descubrí que otra forma de enseñar ciencia era posible y necesaria.

Por otra parte, mi interés por las ciencias en general y por las ciencias físicas en particular, como ya se ha mencionado, me llevó a elegir la asignatura optativa de Didáctica de la Física y la Química (DFQ), en la que las *actividades experimentales* (AEx) cobraban especial importancia; además, se alejaban de las típicas prácticas “receta” que todos hemos realizado en algún momento de nuestra vida académica.

En este punto, y habiendo tenido contacto con los proyectos que se llevaban a cabo en el citado Departamento con el Dr. Cañal, opté por participar en ellos de una manera más formal. Conseguí colaborar como alumna interna del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, con la

Introducción

profesora de la asignatura de Didáctica de Física y Química, la Dra. Ana M. Criado; y luego, como colaboradora de su grupo de investigación GAIA (HUM-133). Ello me permitió participar en el proyecto de investigación I+D+i “*¿Cómo mejorar la enseñanza elemental sobre el medio?: análisis del currículo, los materiales y la práctica docente*” (EDU 2009-12760), de ámbito nacional, y en el proyecto de Excelencia “*¿Cómo se realiza la enseñanza sobre la realidad social y natural en las aulas de Educación Infantil y Primaria de Andalucía? Estudio de las estrategias didácticas y propuestas de mejora*” (SEJ-5219). Lo que me aportó una visión bastante amplia de los agentes implicados en la enseñanza de las ciencias, su situación actual, etc.; algo a lo que también contribuyó mi contratación posterior, durante 2 años, como secretaria de redacción de la revista *Investigación en la Escuela*.

Además, durante el curso 2011-12, en la realización del máster “*Investigación en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias*”, de la Universidad de Huelva, me sorprendió que todo lo que se dice que debe hacerse en la enseñanza de las ciencias no es algo nuevo. Desde hace más de treinta años, desde la didáctica de las ciencias experimentales se defiende una enseñanza basada en la participación del alumnado, y constructor de su propio conocimiento, basada en la indagación, contextualizada, etc., en la que las actividades de carácter experimental son de especial importancia. Sin embargo, ¿qué ocurre entonces? ¿Por qué no ha llegado a la escuela de manera generalizada dicha manera de entender la enseñanza de las ciencias? ¿La formación de los profesores no es la que debería? ¿Qué necesitan saber? ¿Qué dificultades se encuentran? ... Son preguntas que empecé a hacerme.

Tras el citado máster, reuní los suficientes méritos para ser contratada como profesora en el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y

Sociales, en el curso 2013-14. Ello me dio la oportunidad de conocer cómo son los futuros maestros de ciencias, desde la posición del profesor; qué formación tienen; cuáles son sus inquietudes, qué les interesa; qué dificultades encuentran en los centros de prácticas; cómo hacerles partícipes de la forma de aprendizaje que, desde nuestro punto de vista, debe ser llevada a las aulas de los centros escolares; etc.

En síntesis, al conocer otra manera (“ideal”) de enseñar ciencias y tomar conciencia del panorama didáctico actual que predomina en las clases de ciencias de los niveles educativos básicos, surgió en mí un gran interés por contribuir a cambiar esa realidad. Lo que me llevó a iniciar un camino en la investigación educativa, colaborando en los diferentes proyectos que ya he mencionado; particularmente dentro de la formación de los futuros maestros y maestras, cuyo papel es fundamental para promover dicho cambio en nuestro Sistema Educativo.

En los últimos años, motivada por la necesidad de una transformación en la forma de enseñar ciencias, y por la importancia de introducir las actividades experimentales en el aula, como parte de ese cambio, he realizado diversas intervenciones en las aulas de Educación Infantil, Primaria y Secundaria, con la intención de acercar la ciencia a los alumnos, a través de este tipo de actividades. Algo que también he estado poniendo en práctica con alumnos de la Facultad de Educación, como docente de la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales, durante los cursos que llevo impartiendo docencia en esta etapa educativa.

Visto el papel que desempeñan las AEx en el proceso de enseñanza-aprendizaje y basándome además en mi experiencia, puedo decir que, en todos los niveles,

Introducción

independientemente del objetivo de la actividad, aparecen indicadores que afianzan nuestra creencia de su necesaria inclusión en las secuencias de enseñanza diseñadas por los docentes, de forma sistemática. Por ello, hemos querido seguir trabajando con la realización de propuestas útiles para la mejora de la enseñanza de las ciencias.

0.2. Justificación de la investigación

La enseñanza de las ciencias, en general, sigue realizándose de manera descontextualizada (Rocard et al., 2007; Osborne & Dillon, 2008; Millar, 2011), pese a la importancia de acercar las ciencias al alumnado mediante propuestas didácticas que tengan significado para ellos y les resulten útiles (Harlen, 2007).

Esta desconexión de la ciencia con la realidad de los estudiantes viene provocando un desinterés por esta materia (Solbes, Monserrat y Mas, 2007), una falta de motivación a la que, según el último informe Eurydice (2012), hay que poner remedio. El informe ENCIENDE, (Couso et al., 2011) y otras investigaciones más recientes (Robles, Solbes y Cantó, 2015), por su parte, también evidencian que los alumnos van perdiendo paulatinamente su interés por la ciencia a medida que crecen, y que *los alumnos desarrollan su interés por los estudios de ciencias antes de los 14 años*. Una de las recomendaciones del informe es la necesidad de conectar los contenidos científicos del currículo con la vida real. En este sentido, existe cierto consenso en que el aprendizaje de la ciencia se puede estimular mejor si los contenidos escolares se desarrollan en conexión con el contexto cotidiano de los estudiantes (Andrée, 2005; Campbell & Lubben, 2000; Rivet & Krajcik, 2008). De este modo, estos pueden ver la ciencia como algo útil y que tiene sentido para entender los fenómenos que suceden a su alrededor, con el estímulo que ello conlleva de cara a su aprendizaje. Por ello, en los niveles educativos básicos es recomendable dar prioridad a la enseñanza de aquellos fenómenos naturales que pueden ser observados por los estudiantes en su día a día (Cañal, García-Carmona & Cruz-Guzmán, 2016).

Introducción

Para conseguir esto es importante incluir actividades que permitan al alumnado tomar contacto con su entorno y que generen su interés, pero, ¿qué tipo de actividades pueden ayudar a ello?

La respuesta a esta pregunta no es difícil de encontrar. Desde hace décadas, en la literatura existente referida a la didáctica de las ciencias se destacan los beneficios de las actividades experimentales (AEx) en el aula (Reid & Hodson, 1989; Lunetta & Tamir, 1979). En este sentido, tanto el currículo inglés (Department for Education and Employment, 1999), como los estándares norteamericanos de enseñanza (National Research Council, 1998) resaltan la importancia del uso de AEx en la comprensión de la ciencia. Estas se deben enmarcar en procesos de investigación escolar en los que el alumnado participa activamente en la construcción de su aprendizaje (Cañal, García-Carmona & Cruz-Guzmán, 2016).

Pero, aunque a los niños les gustan este tipo de actividades por su indiscutible potencial motivador (Lozano, Solbes & García Molina, 2012; Pro & Rodríguez, 2010), y se ha reconocido que influyen positivamente en la adquisición del conocimiento científico escolar deseable (Navarro, Banet & Núñez; 2009; Ros & Pro, 2010), favoreciendo la reducción de ideas “falsas” o la comprensión de conceptos abstractos (Durmus & Bayraktar; 2010), aún son poco utilizadas por los docentes (Nortes & Pro, 2010). Algo que nuestro equipo ha podido comprobar también en estudios recientes (Cañal, Criado, García-Carmona & Muñoz, 2013), pese a que las AEx deberían formar parte de las clases de ciencias durante la Educación Obligatoria (Pro, 2011).

Y es que la ciencia, para los alumnos, en la mayoría de las ocasiones acaba siendo un conjunto de ideas abstractas que posiblemente olvidarán en poco

tiempo; por lo que es vital enfrentarlos a situaciones que ayuden a relacionar las ideas con lo que observan (Abrahams & Millar, 2008). En efecto, como refieren estos autores, para que las AEx lleguen a ser efectivas, es necesario hacer explícitas las ideas en las que se puede fundamentar la comprensión del fenómeno, con vistas al aprendizaje de los alumnos. En este sentido, no es válida cualquier actividad (Pro, 2011), sino que se deben seleccionar aquellas que respondan a una serie de cuestiones, y puedan ser puestas en práctica de manera adecuada en el aula, huyendo de las prácticas *tipo receta*. Se requiere, por parte del profesorado, ser cuidadosos en su diseño e implementación para conseguir los objetivos deseados y que no queden en actividades sin valor para los alumnos.

Por tanto, la inclusión de AEx de manera más regular en nuestras aulas sigue siendo una asignatura pendiente y una línea de trabajo en la que aún hay muchas cuestiones que dilucidar.

0.3. La elección de fenómenos ópticos como objeto de estudio

Por todo lo referido, hemos recurrido para este estudio al diseño de una AEx directamente relacionada con los fenómenos ópticos, que son un claro ejemplo de fenómenos observables en el día a día del alumnado (García-Carmona & Criado, 2007; Van Zee, Hammer, Bell, Roy & Jennifer, 2005), siendo de especial interés los relacionados con la visión (Criado, Del Cid & García-Carmona, 2007).

Al respecto, Heywood (2005) sostiene que no hay otra área de la física donde el observador juegue un papel tan integral dentro del fenómeno que se está observando. El uso de cámaras fotográficas y móviles con cámara está muy extendido entre los escolares desde muy temprana edad; de manera que un primer conocimiento sobre la formación de imágenes, en este tipo de

Introducción

dispositivos, debería ser considerado como un contenido básico en la alfabetización científica del alumnado (Bagno, Eylon & Levy, 2007). Por tanto, estamos de acuerdo con Galili y Lavrik (1998) y Perales y García (2016), entre otros autores, en que la introducción al estudio de la formación de imágenes debería comenzar en los niveles educativos iniciales. Esta convicción se ve reforzada, además, por los resultados de Langley, Ronen y Eylon (1997), quienes encontraron que la mayoría de los adolescentes no conocen el funcionamiento básico de una cámara fotográfica. Precisamente porque el papel del observador (que ve los objetos) no se puede separar del estudio de la formación de imágenes de los objetos en su retina, la didáctica de este tópico no es fácil.

Por ello, es especialmente importante conocer las dificultades de aprendizaje más frecuentes al respecto, con el fin de anticiparlas en los procesos de enseñanza. Por ejemplo, Colin, Chauvet y Viennot (2002) trabajaron esto con futuros profesores de ciencia. Les facilitaron con antelación un listado de las posibles dificultades para explicar la formación de imágenes, y se les pidió que analizaran esquemas de representación del fenómeno que contenían deficiencias. Comprobaron que los futuros profesores de ciencia centraron su atención en añadir los elementos que faltaban en los esquemas para mejorarlos, en vez de discutir sobre los símbolos utilizados, su carácter más o menos realista y su posible ambigüedad.

En España, la comprensión de fenómenos relacionados con la visión se incluye, de forma explícita, en las prescripciones curriculares de ciencia para Educación Primaria. En consecuencia, es razonable que el profesorado de esta etapa educativa posea un conocimiento básico de los fenómenos ópticos, y una adecuada formación didáctica que le permita adaptarlos a las capacidades de

su alumnado (Parker, 2006). De este modo, debería ser capaz de diseñar planes de enseñanza para que los estudiantes de Primaria sean capaces de diferenciar entre fuentes de luz primarias y secundarias, o adquirir una primera idea aproximada del funcionamiento del ojo humano, entre otros fenómenos (Perales & García, 2016).

Pese a ello, en España, el estudio de fenómenos ópticos aún no está suficientemente consolidado en la formación de futuros profesores de Primaria (en adelante, FPP). Cada universidad puede concretar, autónomamente, el programa de formación de estos en la enseñanza de la ciencia, gozando de libertad para proporcionarles una formación científico-didáctica más o menos centrada en contenidos de física (García-Barros, 2016). En consecuencia, posiblemente, no todos los FPP aprenden sobre fenómenos ópticos y su didáctica, aun cuando se trata –como acabamos de decir– de un contenido básico del currículo de ciencia escolar.

Ante esta situación, es razonable pensar que, si los futuros maestros adquieren nociones básicas sobre la formación de imágenes y su enseñanza, mayores probabilidades existirán de que luego traten el tópico con sus alumnos de Primaria. Por ello, desde hace algunos años venimos abordando, con FPP, el estudio de formación de imágenes mediante una cámara oscura fabricada por ellos mismos. No se trata de la popular cámara oscura que permite hacer fotos sobre papel fotosensible, denominada comúnmente *pinhole camera* (Grepstad, 2006), sino de una gran caja donde se introduce la cabeza y pueden ser

Introducción

observadas directamente imágenes invertidas y en color. Esta se describe con detalle en Criado et al. (2007)¹.

Con la cámara oscura se pretende que los FPP elaboren una interpretación sobre la formación de imágenes, en sintonía con el modelo de aprendizaje de la ciencia por indagación (Harlen, 2014). Para ello, los FPP son estimulados con preguntas que les demandan interactuar directamente con el fenómeno, obtener datos empíricos e interpretarlos convenientemente para elaborar conclusiones explicativas del mismo. De este modo, el enfoque de aprendizaje por indagación se emplea con dos finalidades (García-Carmona, Criado & Cruz-Guzmán, 2017; Newman et al., 2004): (i) como medio para que los futuros docentes, en su rol de estudiantes de ciencia, aprendan sobre el fenómeno; y (ii) como fin, en el sentido de que lo conciban, en su rol de profesorado, como una estrategia de enseñanza idónea para el aprendizaje de la ciencia.

Por otra parte, la elección de dicha actividad no ha sido al azar, sino en base a los siguientes criterios:

- Trabajos previos: se han realizado implementaciones de la AEx seleccionada en otros contextos que nos ha aportado datos que han ayudado a diseñar la AEx que se presenta en esta investigación.
- Conexiones con la vida cotidiana: ya hemos apuntado la necesidad de que la ciencia escolar se contextualice y se conecte a la realidad del alumno. En este sentido la cámara oscura nos proporciona un modelo para comprender cómo se forman las imágenes en nuestro ojo y por otro es un dispositivo precursor de las actuales cámaras fotográficas

¹ La cámara oscura utilizada en este estudio es un prototipo elaborado con cartón y cartulina negra, inspirado en la que se describe en el episodio 'Microscopes, Beakmania & Healin' (entre los instantes 11:28 y 14:09) de la serie televisiva Beakman's World: <http://www.dailymotion.com/video/x495rnr>

que forman parte de la vida de nuestros alumnos, sobre todo las que incluyen los teléfonos móviles.

- Fácil construcción y manejo del dispositivo: otro punto a favor de esta experiencia es la facilidad que tiene su construcción, por lo que puede ser construida tanto por el profesorado como por el alumnado.
- Poco coste: el material necesario no implica un gran gasto económico, ya que bastan unas cartulinas o una caja y algo de cinta adhesiva para su construcción.
- Fácil de reproducir en diferentes contextos: es posible utilizar la misma cámara en diferentes aulas y con objetivos diferentes.
- Relación con el currículum: con la cámara oscura se puede dar cobertura a diferentes contenidos del currículum y fomentar el desarrollo de la competencia científica.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

1. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

1.1. El aprendizaje de la ciencia basado en la indagación

Hoy día existe bastante acuerdo en la idoneidad de promover una metodología basada en la indagación (IBL) en la enseñanza/aprendizaje de la ciencia (Harlen, 2013; Hazelkorn et al., 2015; Next Generation Science Standards [NGSS], 2013; Rocard et al., 2007); sobre todo, si lo que se pretende es que los estudiantes aprendan ciencia haciendo ciencia (Hodson, 2014). En efecto, las investigaciones en enseñanza de la ciencia muestran bastante aceptación al hecho de introducir en el aula una metodología basada en la indagación (Abd-El-Khalick et al., 2004), ya que, en general, tiene efectos positivos en el aprendizaje y contribuye, además, al desarrollo de habilidades sobre los procesos de la ciencia (García-Carmona et al., 2017; Muñoz-Franco & Monge, 2015; Woodley, 2009). No obstante, el enfoque IBL no suele ser fácil de asimilar por los estudiantes debido a la propia “human cognitive architecture” (Kirschner, Sweller & Clark, 2006), en el sentido de que muchas tareas requeridas en una indagación científica no son innatas. Al respecto, Zhang (2016) afirma que el debate sobre la eficacia del enfoque IBL en la enseñanza de la ciencia se centra actualmente en determinar qué nivel de guía es el más adecuado para que los estudiantes realicen una indagación científica de manera satisfactoria. Diversos estudios indican que los estudiantes siempre necesitan algún tipo de guía en un contexto de IBL (Arnold, Kremer & Mayer, 2014), y que la indagación científica resulta más efectiva cuando los estudiantes son más guiados (Bunterm et al., 2014). Así pues, la clave para que el enfoque IBL funcione está en encontrar el andamiaje más apropiado en cada caso (Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007). En este sentido, Bell, Urhahne,

Marco teórico y antecedentes

Schanze y Ploetzner (2010) apuntan que se debe cuidar que el andamiaje proporcionado a los estudiantes venga dado por un equilibrio entre la ayuda y el desafío necesario para resolver las tareas en el contexto de una indagación científica.

De acuerdo con lo anterior, Banchi y Bell (2008) han propuesto cuatro niveles de indagación en orden creciente de complejidad:

-Investigación confirmativa. El profesor presenta a los alumnos una pregunta e indica el procedimiento a seguir para obtener resultados conocidos de antemano, con el fin de confirmar o fortalecer una idea científica, o para practicar habilidades específicas de adquisición y organización de datos.

- Investigación estructurada. La pregunta y el procedimiento siguen siendo establecidos por el docente, pero ahora los estudiantes deben construir una explicación científica utilizando los datos que registraron y la evidencia que proporcionan estos datos.

- Investigación guiada. Los estudiantes ahora diseñan y siguen sus propios procedimientos para recopilar datos y sacar conclusiones en respuesta a una pregunta planteada por el docente.

- Investigación abierta. Los estudiantes formulan sus propias preguntas para la investigación, y diseñan y llevan a cabo sus propios procedimientos, recopilan los datos e informan sus hallazgos y conclusiones.

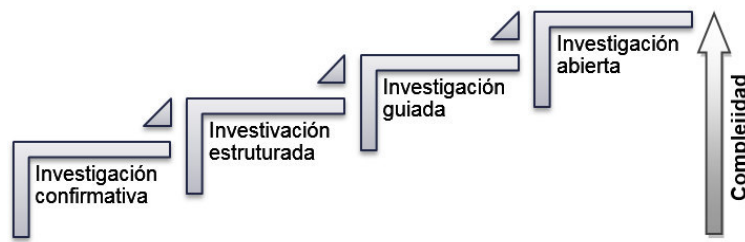


Figura 1. Niveles de complejidad de las propuestas indagativas.

No queremos cerrar este apartado sin hacer notar que iniciamos esta investigación teniendo en cuenta que hay metaestudios (Minner, Levy, & Century, 2010) que rebajan el entusiasmo acerca del enfoque por indagación, pues no han encontrado una asociación, con significación estadística, entre mejoras en el aprendizaje conceptual en ciencias y una gran saturación de actividades indagatorias en la instrucción global. Sí la hay cuando este enfoque investigativo se utiliza en una proporción modesta. Couso (2014) se manifiesta en la misma línea aludiendo al trabajo de Hattie (2009, cit. en Couso, 2009, p. 4) y analiza muchos aspectos a considerar en este enfoque (entre ellos, las desvirtuaciones de la indagación, estrategias alternativas, etc.). Todo ello invita a sopesar la demanda que supone para el alumnado, y a considerar la combinación con prácticas que pongan el foco en el aprendizaje de modelos de interpretación científicos, poniendo la atención en la argumentación.

1.2. Las actividades experimentales en la enseñanza de la ciencia

Son muchos los autores que desde hace más de dos décadas han venido resaltando los beneficios del trabajo práctico en el aula (Reid & Hodson, 1993; Lunetta & Tamir, 1979): desde el incremento positivo de la motivación hasta una mayor implicación del alumnado en las tareas de enseñanza y aprendizaje.

No obstante, a pesar de estas posibles aportaciones positivas de los trabajos prácticos, los resultados y reflexiones didácticas no han estado exentas de debates sobre algunos aspectos, como la conveniencia o no de este tipo de actividades cuando tienen un mayor grado de complejidad, por implicar la realización de experiencias, y también sobre su efectividad como vía prioritaria para el logro, por ejemplo, de aprendizajes conceptuales por el alumnado.

Como Lunetta (1998) ha argumentado,

la investigación del laboratorio, por sí sola, no es suficiente para permitir a los estudiantes construir los conocimientos conceptuales de la comunidad científica contemporánea. Para que las ideas de los estudiantes evolucionen hacia las aceptadas por la ciencia, la intervención y la negociación con la autoridad, por lo general un maestro, es esencial (p. 252).

En la década de 1990, en la literatura del ámbito angloparlante, la queja dominante sobre esta cuestión era que la experimentación no estaba presente en las aulas. En el ámbito de la reflexión y las propuestas didácticas se debatía entonces si organizar todo el desarrollo de las asignaturas de ciencias con este tratamiento práctico o incluir procesos puntuales de investigación empírica real como un complemento de las clases expositivas habituales.

Existe un consenso emergente en la idea de que aprender ciencias es algo que implica aprender a cambiar las formas de ver los fenómenos, de razonar, de hablar y de emocionarse en relación con ellos, todo de forma simultánea (Arca, Guidoni & Mazzoni, 1990). Y se va fraguando la idea de la *alfabetización científica*, en un marco constructivista, cuando se afirma que mediante la actividad científica escolar se intenta que los fenómenos de la vida cotidiana se

transformen en *hechos científicos escolares* (Izquierdo, Sanmartí & Espinet, 1999).

En síntesis, el naciente paradigma constructivista del aprendizaje sugiere que el alumnado puede aprender mejor cuando está activamente implicado y realizando razonamientos y tareas próximas a las que realizan los científicos en un modo guiado u orientado por el profesorado. Así, en una secuencia de enseñanza con enfoque constructivista (Driver, 1988) se considera que se pueden realizar actividades prácticas en múltiples momentos de la misma (Cañal, Pozuelos & Travé, 2005; Criado & García-Carmona, 2011b; García-Carmona, 2011): para motivar y situar el tema al comienzo de una lección; para plantear una situación en la que el alumnado explicita sus ideas (identifique las propias y las diferencie de las de otros compañeros); para provocar un conflicto cognitivo o para realizar una experiencia que discrepe; para aprender nuevos conocimientos; para que los estudiantes evalúen de forma inmediata la utilidad de una información; para que apliquen los nuevos aprendizajes en otras situaciones; para que revisen lo que han aprendido a lo largo de un proceso de construcción de conocimientos; etc.

Dentro del grupo de investigación en el que trabajamos (Cañal et al., 2016; Criado & García-Carmona, 2011b), se definen las *actividades experimentales* (AEx) como:

actividades en las que los escolares interactúan directamente con los objetos tecnológicos o fenómenos naturales observables en su entorno; de modo que la principal fuente de información es la propia realidad (p. 74).

Para Millar (2004) se trata de:

cualquier actividad de enseñanza aprendizaje que implica a los estudiantes, en algún momento, en la observación de fenómenos físicos, o manipulación de objetos reales o materiales.

Este mismo autor se inclina por el uso del término “trabajo práctico” (TP)² en vez de “trabajo de laboratorio” argumentando que el lugar donde se realice (dentro o fuera del aula, en la naturaleza, en el laboratorio, etc.) no es lo vinculante a su naturaleza empírica. En efecto, se pueden hacer experiencias en el aula ordinaria, en el patio del colegio, en el campo, etc.

Además, este autor matiza sus posiciones afirmando que todas las actividades de esta índole son simulaciones pues toman de modelo algunos aspectos del trabajo de investigación científica, pero no otros. Esto supone, a la vez una restricción y una ventaja: podemos elegir qué aspectos queremos reproducir, con lo que los objetivos de aprendizaje estarán más claros. Para Millar (2004) este tipo de actividades es esencial para que los estudiantes (i) perciban la problemática de la medida, (ii) aprecien la presencia continua de la incertidumbre, y (iii) aprendan sobre el diseño experimental.

Millar afirma también que es mejor planificar y llevar a cabo, que solo planificar, pues la práctica produce un *feedback* en la capacidad de diseño. Por último, para este autor, dentro de la perspectiva de la alfabetización científica, en la que se enmarca la Educación Primaria, la AEx ayuda a percibir el carácter provisional del conocimiento científico y es un medio, más que un fin en sí

² En esta investigación se asume la concepción de TP propuesta por Millar (2004) como equivalente a la de AEx definida más arriba. Por tanto, en lo que sigue se hará referencia a AEx aun en lo que se exponga relativo a este autor.

mismo, ya que los escolares son consumidores y no productores de conocimiento científico.

La llave para mejorar la efectividad de una AEx (Millar 2004) es que los estudiantes puedan establecer uniones explícitas entre el dominio de los fenómenos y el dominio de las ideas. Las características de las AEx efectivas son:

- Los resultados del aprendizaje esperados están claros.
- La tarea tiene un limitado número de resultados de aprendizaje esperado y las capacidades que supongan pre-requisitos se dominan antes de abordar la tarea.
- Si la tarea requiere que los estudiantes relacionen ideas y objetos observables el docente debe dar apoyo en la organización de la estructura de la tarea.

En esta línea, Pro (2011) indica que es necesario que el diseño de las AEx respondan a cuatro cuestiones: *para qué, quién, cómo y cuándo*, con el fin de que se ajusten a las necesidades de los alumnos y puedan cumplir su objetivo. Deben evitarse, el planteamiento de experiencias superficiales, carentes de estímulo (Criado & García-Carmona, 2011b).

1.3. Las actividades experimentales y el aprendizaje por indagación

Actualmente se considera que el sistema educativo debe proporcionar a las personas una comprensión suficiente de la ciencia para su desenvolvimiento en el mundo actual, (Millar 2004); lo cual implica aprender mediante estrategias, como las que implica el trabajo por indagación, que doten a las personas de

dicha autonomía y competencia. Así, Irgitta (2007) encuentra que uno de los efectos que producen las actividades experimentales se plasma en que toman la iniciativa para diseñar nuevas experiencias y abordar nuevos problemas. De igual forma, De las Heras y Jiménez (2011) manifiestan el alto porcentaje de satisfacción (75%) de los alumnos que participan en actividades de estas características, destacándose la oportunidad de intervenir y que sus opiniones fueran tenidas en cuenta durante la secuencia de enseñanza-aprendizaje, además de resultarles las clases divertidas.

En general, se considera que las propuestas de experimentación bajo un enfoque indagativo favorecen el aprendizaje y contribuyen a la comprensión procedimental de la ciencia en la escuela (Caamaño, 2012; Woodley, 2009). En ellas los alumnos tienen la oportunidad de protagonizar su propio proceso de aprendizaje porque sienten, observan, reflexionan y son capaces de comunicar lo vivido y aprendido (Acosta et al., 2001; Pro & Rodríguez, 2010). En particular, al abordar las AEx como actividades integrantes de una unidad didáctica investigadora, Criado y García-Carmona (2011b) argumentan que estas actividades (p.75):

- Son un recurso excelente para promover la formulación de problemas específicos, que pueden ser investigados en el aula como parte de una unidad didáctica investigadora.
- Son propicias para generar situaciones en las que los escolares expresen sus conocimientos previos o cotidianos, respecto a algún aspecto del problema a investigar.
- Pueden formar parte del plan de búsqueda de información demandado en el transcurso de la unidad didáctica, de modo que su realización

contribuya a la obtención de datos útiles para dar respuesta a los interrogantes planteados.

- Pueden ser planificadas y desarrolladas con objeto de complementar los datos obtenidos en determinadas actividades de la unidad, y facilitar o reforzar, así, la comprensión de algún aspecto del problema abordado.
- Pueden ser idóneas como actividades de construcción general o generalización del conocimiento, en tanto que permitan establecer un vínculo entre lo aprendido sobre un problema específico y cuestiones relacionadas con otros problemas de la unidad didáctica, o de otras diferentes.
- Pueden ser sumamente útiles a la hora de comunicar resultados de los hallazgos y conclusiones de los escolares, así como actividades de evaluación (autoevaluación, coevaluación, autorregulación del aprendizaje, etc.), que pueden ser programadas a lo largo de la unidad didáctica.

Pero no hay que caer en el error de pensar que una propuesta indagativa lleva implícito en desarrollo de una actividad práctica o viceversa (Pro y Rodríguez, 2000), ni que la actividad, por sí sola, garantiza el éxito de la misma (García-Molina, 2011; Pro, 2006); dependerá del uso que se haga de ella y de su desarrollo.

Ya hemos mencionado anteriormente el trabajo de Irgitta (2007) sobre los efectos particulares que provocan las AEx, pero en general, las metodologías orientadas a combatir el aburrimiento y que consigan estimular el interés del

Marco teórico y antecedentes

alumnado por las materias científicas pueden resultar enriquecedoras y favorecer la adquisición de competencias (Lozano et al., 2012). En particular las AEx mejoran la competencia científica (Millar, 2004) si contienen los requisitos que hemos mencionado anteriormente. Son actividades motivadoras ya que *"quienes las ponen en práctica también han de conocer (aunque sea básicamente) los conceptos, teorías, técnicas, etc. subyacentes."* (García-Molina, 2011, p.371).

Se pone de manifiesto además que estas actividades requieren un mayor esfuerzo intelectual (Navarro et al., 2009), poseen una mayor demanda cognitiva (Millar, 2004) y que, por otra parte, las AEx hacen que los conceptos abstractos sean más concretos (Durmus y Bayraktar, 2010).

Se reconoce que en las AEx el estudiante adopta una posición activa y crítica de aprendizaje: experimenta, realiza hipótesis, interpreta y saca conclusiones. Y es cierto, de acuerdo con Acosta et al. (2011), Pro y Rodríguez (2010) e Irgitta (2007), que si los escolares son verdaderamente los principales protagonistas del proceso, podrán después explicar con soltura sus experiencias y actuar fácilmente como divulgadores de esas experiencias, explicando a los demás sus descubrimientos y hablando de ciencias fuera del contexto escolar, como prueba de que su competencia científica se ha activado y experimenta avances.

La competencia científica se desarrolla con las actividades experimentales en la medida en que los escolares (Criado y García Carmona 2011a, p.76):

- Incrementen su creatividad y se hagan capaces de diseñar, planificar y construir artefactos que permitan observar y/o reproducir los fenómenos naturales estudiados, o resolver problemas tecnológicos abordables.

- Desarrollen la capacidad de planificar y utilizar procedimientos de perfil investigador para la resolución de problemas: emisión de hipótesis, búsqueda y tratamiento de información, observación, descripción, clasificación, control de variables (en su caso), interpretación de resultados, etc.
- Incrementen su creatividad y se hagan capaces de diseñar, planificar y construir artefactos que permitan observar y/o reproducir los fenómenos naturales estudiados, o resolver problemas tecnológicos abordables.
- Se sientan los principales protagonistas de procesos de aprendizaje en los que superen obstáculos y dificultades en un clima de cooperación, participación y responsabilidad.
- Se sientan satisfechos de ver reconocido su trabajo, siendo capaces de comunicar a otras personas los conocimientos adquiridos, en un ambiente educativo lúdico y afectivo.
- Y, en general, aprecien que poseer un conocimiento básico sobre ciencia es algo que, junto a otros factores, les puede ayudar a ser más autónomos y, quizás, más felices, en la sociedad actual.

Sin olvidar algunos estudios en los que sólo se ha detectado con claridad una mejora de tipo motivacional (Oliva et al, 2004), otros trabajos informan de la mejora, no sólo de la competencia científica sino también de impulso al desarrollo de competencias de lecto-escritura y expresión (Ros y Pro, 2010).

Dicho todo lo anterior, es conveniente hacer alusión también a algunas de las dificultades educativas habituales en relación con las AEx. Con bastante

frecuencia, las AEx que se suelen implementar en las aulas muestran que dicha efectividad es poco significativa para comprender o revisar ideas sobre fenómenos naturales, etc. (Abrahams & Millar, 2008; Arnold et al., 2014; Couso, 2014). Solo cuando los alumnos son habituados a hacer AEx en un marco de indagación, con el andamiaje apropiado, y asimilando qué se pretende con su realización, estas llegan a ser educativamente efectivas, tal y como muestran estudios recientes (Bertsch, Kapelari & Unterbruner, 2014; Koksal & Berberoglu, 2014). En efecto, es frecuente proponer a los alumnos AEx para las que no tienen los conocimientos y habilidades previos mínimos necesarios (Hart, Mulhall, Berry, Loughran, & Gunstone, 2000; Millar, 2010; Girault, D'Ham, Ney, Sánchez, & Wajeman, 2012); lo cual constituye uno de los principales obstáculos para que aprendan lo esperado con ellas.

Asimismo, muchas veces el profesorado pone todo el empeño en que se consigan hacer todas las tareas de las AEx, en vez de que se aprendan procedimientos mientras se resuelve el problema (Jiménez-Aleixandre & Reigosa, 2006). Hodson (2005) señala, al respecto, que ello conlleva que muchos alumnos terminen asimilando que los objetivos de una AEx son simplemente completar las tareas de la misma, conseguir buenos resultados y completar el informe; con lo cual, se desluce el verdadero potencial educativo de tales actividades para *aprender ciencia haciendo ciencia* (Hodson, 2014).

Hemos comentado anteriormente la necesidad de que las AEx estén bien diseñadas, teniendo en cuenta los objetivos que se pretenden con la actividad y las características del alumnado al que va dirigida, entre otros aspectos, así como una correcta puesta en práctica, por parte del docente. Pese a esto, la

actividad no siempre tiene éxito o provoca aprendizaje (Pro & Rodríguez, 2010; Oliva et al., 2004), como ya se ha mencionado anteriormente.

Pero, ¿qué piensan los profesores de las AEx? En general, los maestros tienen tendencia a utilizar en sus aulas una metodología lejana a la actividad experimental (Echave, Ferrer & Morales, 2011; Nortes & Pro, 2010) y presentan cierto descontento de su práctica experimental (Ibarra, Arlegui & Gil, 2009). Aunque no dudan de sus virtudes (Criado & Carcía-Carmona, 2011b; Woodley, 2009) ven muchos obstáculos en su implementación en el aula, entre los que podemos destacar la falta de recursos, de tiempo, de motivación del alumnado (Cano & Cañal, 2006; Ibarra, Arlegui & Gil, 2009) y dificultad para evaluar la tarea (Ibarra et al., 2009).

Destacamos que estos temores desaparecen cuando los maestros participan en la implementación de un AEx de la mano de profesionales especializados en este tipo de actividades (Echave et al., 2011; De las Heras & Jiménez, 2011; Pro & Rodríguez, 2010). Y es que, otro de los obstáculos que los docentes señalan es su falta de preparación (Cano & Cañal, 2006; Ibarra et al., 2009), aunque hay quienes piensan que, pese a los escasos cursos de formación recibidos, que las causas no residen en su preparación (Ibarra et. al, 2009)

Hay otro factor que dificulta la efectividad de las AEx: la presentación de las mismas en los libros de texto. En muchas ocasiones la realización de la actividad no conlleva ningún aprendizaje y puede suponer una desmotivación para el alumnado (Leite & Figueiroa, 2004) por el hecho de estar mal diseñada. En este sentido Abrahams y Millar (2008) destacan que el AEx mejoraría si los profesores diseñaran su material didáctico. También hay que tener en cuenta que no todos los alumnos presentan la misma motivación hacia la ciencia y que

Marco teórico y antecedentes

esta depende de factores diferentes sobre los que habrá que actuar (Pozo & Gómez Crespo, 2009).

1.4. La formación del futuro profesorado de Primaria en las actividades experimentales como indagación

Los trabajos de investigación realizados en profesores en formación revelan que éstos responden muy bien a este tipo de actividades y reconocen su valor didáctico *cambiando*, y esto es importante, *su perspectiva respecto a la ciencia escolar y la manera de enseñarla* (Criado & García-Carmona, 2011b)

En la literatura se pueden encontrar numerosos estudios sobre las dificultades y posibilidades de los FPP con respecto al enfoque por indagación. Este colectivo de profesorado suele valorar la idoneidad de promover actividades como indagación en el aprendizaje de la ciencia de los niveles educativos básicos, como hemos mencionado, pero al mismo tiempo reconoce sus limitaciones para llevarlas a la práctica (García-Carmona, Criado & Cruz-Guzmán, 2016). Estas limitaciones suelen estar ocasionadas, principalmente, por: (i) la escasa familiaridad de los FPP con el enfoque por indagación durante su etapa como estudiantes de ciencia (García-Carmona & Cruz-Guzmán, 2016), (ii) un desconocimiento de la naturaleza de la indagación científica (Capps & Crawford, 2013; Demir & Abell, 2010; García-Carmona & Acevedo, 2016), y (iii) una carente formación científica para abordar con éxito los distintos procesos requeridos en el desarrollo de una indagación, tales como formular hipótesis, interpretar datos y establecer conclusiones (Cortés & Gándara, 2006; García-Carmona et al., 2017; Newman et al., 2004; Yoon, Joung & Kim, 2012). Todo ello genera bastante inseguridad en los FPP, que les lleva a mostrar cierta resistencia para promover una metodología basada en la indagación en sus clases de ciencia (Cañal, Travé & Pozuelos, 2011; Kim & Tan, 2011).

Marco teórico y antecedentes

En consecuencia, Newman et al. (2004), Varma, Volkman y Hanuscin (2009), entre otros autores, sugieren que la mejor forma de que los FPP se familiaricen con el enfoque por indagación es mediante planes de formación con los que (i) vivan en primera persona lo que significa aprender ciencia indagando, y (ii) conozcan las ventajas y dificultades de este enfoque educativo. Esto es precisamente lo que hacemos en la formación de FPP cuando utilizamos con ellos la cámara oscura.

Además, es preciso decir que el enfoque por indagación en la enseñanza de la ciencia no tiene una concepción unívoca (Bevins & Price, 2016); si bien, todos los planteamientos del mismo suelen proponer que los estudiantes empleen habilidades propias de la práctica científica, tales como plantear preguntas (o abordar las planteadas por su profesor) sobre algún fenómeno, formular hipótesis, recabar datos, razonar y revisar pruebas a la vista de lo que ya se conoce en ciencia, establecer conclusiones y discutir los resultados (InterAcademy Partnership, 2010).

Los últimos trabajos de nuestro grupo en esta línea (García-Carmona, Cruz-Guzmán & Criado, 2018) muestran que los FPP se muestran receptivos ante este tipo de actividades, indicando su potencial motivador, pero incluyen la dificultad que entraña el desconocimiento del contenido asociado a dichas actividades y de las habilidades necesarias para llevarlas a cabo.

Los FPP diseñan AEx con un alto contenido de tipo conceptual y presentan el desarrollo de la actividad tipo “receta de cocina”. Los citados autores refieren la influencia del modelo de enseñanza de corte tradicional que han vivido hasta ahora en sus clases de ciencia.

1.5. El aprendizaje de fenómenos relacionados con el proceso de la visión

La literatura muestra que las dificultades de los estudiantes en torno a los conceptos de óptica han sido ampliamente identificadas. Heywood (2005), por ejemplo, ha hecho una extensa revisión de estudios desde el 2000 hacia atrás; y Anderson y Bach (2005) han resumido lo que denominan “starting point everyday conceptions” para la secuencia didáctica que ellos proponen en la enseñanza de la óptica.

Una de las dificultades descritas en la literatura se refiere al lenguaje utilizado en la enseñanza de la óptica. Por ejemplo, muy a menudo los alumnos utilizan los términos “reflexión” y “reflejar” al referirse a las imágenes, pero no en el sentido usado en física, sino que lo aplican a cualquier dispositivo que reproduzca la forma de un objeto. De hecho, los estudiantes también se refieren a las sombras como “reflexiones” (Feher & Rice, 1987). En niveles educativos más avanzados, los estudiantes interpretan la “reflexión especular” y la “reflexión difusa” como si fueran el mismo fenómeno. A esta idea contribuyen enormemente las imágenes o esquemas incluidos en los libros de texto (Colin et al., 2002).

En lo referente a propuestas de enseñanza adaptadas a cada nivel educativo Beléndez, Pascual y Rosado (1989) proponen tres niveles para la enseñanza de las teorías de la óptica:

1. Nivel elemental, de 9 a 13 años: a partir de los fenómenos de refracción y reflexión de la luz se introducen los conceptos de rayo luminoso (relacionado con la luz) y de índice de refracción (relacionado con los medios materiales); por tanto sólo se considera la Óptica Geométrica (el modelo científico). (p.7)

Marco teórico y antecedentes

Objetivos del nivel: pueden proponerse que conozca que la luz se propaga en línea recta (concepto de rayo luminoso), que observe la desviación de los "rayos luminosos" al pasar la luz de un medio a otro (concepto de índice de refracción), que distinga los distintos tipos de lentes, que comprenda el fenómeno de la dispersión de la luz por prismas, etc. (p.7)

Contenidos del nivel: sencillos y visualizados en el aula o laboratorio, de modo que el alumno aprenda a observar e incluso a inferir hipótesis.

Uso de modelos icónicos y analógicos y los recursos didácticos pueden completarse con experiencias que el alumno pueda hacer. (p.7)

2. Nivel medio, de 14 a 18 años. Siguiendo con el mismo planteamiento del nivel elemental, los conceptos para la Óptica Geométrica son los mismos, pero se utilizan modelos matemáticos sencillos (aproximación paraxial): expresión matemática de la reflexión y la refracción, fórmulas de las lentes, etc. Explicar que la teoría geométrica de la luz no es la única, especificando sus campos de aplicación, sobre todo en el diseño de instrumentos ópticos. Introducción de la teoría ondulatoria de la luz con modelos analógicos, para explicar fenómenos como las interferencias, usando una cubeta de ondas. (p.8)

3. Nivel superior, 18 a 23 años. Es importante que el alumno complete los aprendizajes previos y "piense detenidamente en lo que en realidad es la luz, sobre la cual existen diferentes teorías". (p.8)

La enseñanza de la óptica es una asignatura pendiente en la enseñanza de la ciencia, ya que se trata de manera muy pobre en las etapas educativas (Perales

& García, 2016), esto hace que lleguen a cursos superiores con errores conceptuales difíciles de cambiar (Beléndez et. al, 1989).

1.5.1. ¿Qué ideas tienen los estudiantes sobre cómo se forman las imágenes en el proceso de la visión?

Al problema del lenguaje, citado anteriormente, se le une, como destacan Galili y Hazan (2000), el hecho de que en los libros de texto de física se usa una misma etiqueta (la palabra “imagen”) para conceptos muy diferentes, como “imagen real” o “imagen virtual” de una lente, o la “imagen” formada en una cámara oscura. Ello va en detrimento de la interpretación adecuada de la formación de imágenes (por “reflexión”, “refracción” o “proyección”) que constituye un elemento central en los contenidos curriculares sobre óptica.

Diversos autores (Feher & Rice, 1987; Galili & Hazan, 2000; Hierrezuelo & Montero, 1995; Viennot & Kaminski, 2006) coinciden en que, en una primera fase, la concepción intuitiva de “imagen” consiste en un “image holistic scheme” como una “réplica corpórea del objeto”, que es emitida por este, y que se puede mover, quedar estacionaria o rotar como un todo. Los estudiantes que poseen este esquema no hacen alusión a ningún mecanismo de formación de imágenes ni de su transferencia. Ellos están convencidos de que la luz viaja por el espacio transportando la información sobre el objeto. De ahí que, según ellos, la imagen completa pueda trasladarse, hacerse pequeña, al pasar por el diafragma de la cámara oscura, y aumentar de tamaño y/o invertirse al salir de este.

En los estudiantes, dicho esquema suele evolucionar a otro denominado “image projection scheme” (Galili & Hazan, 2000), donde cada punto de la

imagen está relacionado con el punto correspondiente del objeto mediante un solo rayo que se encarga de la transferencia. Es fácil imaginar la contribución de la enseñanza habitual de la óptica en el desarrollo del “image projection scheme”. Coincidimos con Anderson y Bach (2005) en que este nivel de complejidad para el mecanismo de formación de imágenes puede ser un objetivo satisfactorio que alcanzar en etapas educativas elementales. Es decir, que no se considere la formación de imágenes a partir de haces cónicos de rayos y sus proyecciones, como reclaman Galili y Lavrik (1998), sino solo correspondencias entre puntos a través de rayos. Este mecanismo, aunque simplificado, proporciona explicaciones satisfactorias para comprender la inversión de la imagen en la cámara oscura, o los cambios en su tamaño. Por ello, es el modelo que se ha adoptado en este estudio; incluso a sabiendas de sus limitaciones para explicar otras características de las imágenes en una cámara oscura, como la nitidez según el tamaño del diafragma. Para esto último, consideramos necesario usar el modelo basado en haces cónicos luminosos antes mencionado (Criado et al., 2007).

En cuanto a la naturaleza de la luz, como ya se ha apuntado, los estudiantes suelen considerar la luz como una sustancia corpórea (“*corporeal light scheme*”) (Galili & Kazan, 2001), que se encuentra en el espacio, bien estática o bien viajando (Driver, Guesne & Tiberghien, 1985). Asimismo, los estudiantes pueden considerar que la propagación de la luz transcurre tanto en línea recta como de otra forma, según el caso. Así, cuando suponen que se propaga en línea recta, creen que lo hace mediante un solo rayo (“*flashing scheme*”) y en una dirección preferente; por ejemplo, la recta existente entre la fuente luminosa y el centro del objeto iluminado. Los estudiantes no suelen contemplar el hecho de que de cada punto emisor salen muchos rayos, en

todas direcciones. También asumen que el rayo tiene una existencia real, en lugar de concebirlo como un artificio teórico de la óptica geométrica. Los estudiantes no suelen utilizar tampoco haces de rayos para explicar la construcción de imágenes.

En este sentido, Meyer y Woodruff (1997) concluyen que la idea de “la luz viajando en línea recta en todas direcciones” no es intuitiva y es difícil de asimilar. Los estudiantes pueden pensar que la propagación de la luz no transcurre en línea recta, sino en líneas quebradas; de forma que, para explicar la formación de una imagen en la cámara oscura, pueden pintar dos rayos convergentes antes de pasar un diafragma, y divergentes al salir de este. De este modo, la luz y/o los diafragmas pueden tener un papel “activo” con un efecto tal que un conjunto de rayos puede “adelgazar” para atravesar un orificio pequeño (Feher & Rice, 1987).

En la revisión realizada por Heywood (2005) se indica que el proceso de la visión se interpreta por los estudiantes de diferente forma, según se trate de objetos luminosos o no luminosos. Así, suelen pensar que los objetos luminosos se pueden ver porque la luz que emiten llega a los ojos; pero si los objetos no son luminosos, es frecuente que activen el “active eye model”, que evoca ideas clásicas en torno a que los ojos emiten algo que permite ver esos objetos. Para el caso de nuestro estudio, interesa resaltar también que los estudiantes tienden a disociar el acto de ver y el proceso de formación de imágenes en la retina.

Los estudios realizados con estudiantes universitarios (Menikheim, Pesa, Colombo & Skop, 2003; Pesa & Cudmani, 1998), y en particular con futuro profesorado de ciencia (Colin et al. 2002; Galili, Bendall & Goldberg, 1993;

Viennot & Kaminsky, 2006) muestran que las ideas de los estudiantes universitarios son bastante coincidentes con las ideas del alumnado de las etapas escolares precedentes; las cuales han sido ampliamente descritas en la literatura (Anderson & Kärrqvist, 1983; Driver et al., 1985; Osborne & Freyberg, 1995; Pesa, Cudmani & Bravo, 1996). Por tanto, se confirma una estabilidad de las concepciones aludidas anteriormente hasta edades adultas.

Consecuentemente, el fenómeno de la visión y la formación de imágenes constituyen un tópico cuya naturaleza podemos calificar de intrínsecamente complejo, y que es difícil de comprender por la mayoría de las personas (Perales & García, 2016). Ello se pone en evidencia en el análisis histórico de las ideas sobre la visión humana (Galili & Kazan, 2001). En la historia de la ciencia se han distinguido fundamentalmente tres etapas: la visión según los filósofos griegos, la visión según Alhazen y la visión según Kepler. Fue este último quien introdujo un concepto de imagen óptica y un proceso para su formación que, aún hoy día, es funcional; es decir, que puede utilizarse para explicar y realizar predicciones sobre la visión directa e indirecta de los objetos (Osuna, Martínez-Torregrosa, Carrascosa & Verdú, 2007). Se puede decir que en las dos primeras etapas el interés se centraba en el proceso de la visión, mientras que a partir de Kepler ese interés se desplazó a entender cómo se forman las imágenes. Este es el que ha prevalecido en la óptica que los estudiantes han de aprender. Sin embargo, resulta interesante entender esta transición histórica a la hora de considerar qué preguntas pueden ser más intuitivas cuando se va a introducir esta materia en las etapas educativas iniciales.

A la naturaleza compleja de la interpretación de la formación de imágenes, se le añade la poco afortunada representación que se suele hacer de esta en la enseñanza de la óptica; lo cual lleva a los estudiantes a considerar, por ejemplo, que la reflexión especular y la reflexión difusa son el mismo fenómeno. Muchos profesores no se dan cuenta de que las imágenes y símbolos utilizados en la enseñanza de la óptica pueden conducir a la formación de concepciones alternativas (Colin et al., 2002). Pero, como pone de manifiesto la historia de la óptica (Osuna et al., 2007), quizás la fuente mayor de dificultades deriva de que las ideas intuitivas de los alumnos no se han gestado en torno a la pregunta de cuál es la naturaleza de la luz y su propagación, sino en cómo vemos (Perales & Nievas, 1989).

1.5. La cámara oscura en la enseñanza de la ciencia

Existen muchas publicaciones (Calvani, 1988; Grepstad, 2006; Hann, 1991) dedicadas a la denominada cámara estenopeica (“pinhole camera”) que, dotada de un diafragma del grosor de un alfiler y una pantalla de papel fotosensible, constituye una rudimentaria, pero efectiva, cámara de fotos (Monje, 1998). Incluso se pueden construir con piezas de Lego (Parente, 2005).

Sin embargo, no es fácil encontrar referencias didácticas sobre la cámara de visión directa y de proyección en pantalla opaca, similar a la habitación que servía originariamente de cámara oscura. Un ejemplo de cómo se puede emplear en el aula y mejorar progresivamente su diseño y su utilización se describe en Criado et al. (2007). Estos autores proponen una forma de usar una cámara oscura como fuente de problemas en una estrategia de enseñanza de indagativa. Aunque la secuencia está ampliamente experimentada con

Marco teórico y antecedentes

maestros en formación, también sugieren adaptaciones a otros niveles de enseñanza.

Mihas y Andreadis (2005) trabajan sobre la cámara oscura desde el punto de vista de las aportaciones de la historia de la ciencia a la investigación educativa, lo cual constituye un enfoque muy atractivo.

CAPÍTULO II

PROBLEMAS, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2. PROBLEMAS, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Problemas y objetivos

Como ya hemos adelantado, esta investigación pretende dilucidar de qué manera un recurso muy concreto, como es la cámara oscura de visión directa, es útil para aprender sobre fenómenos relacionados con la visión mediante procesos de indagación. Esto lleva a formular el **siguiente problema general de investigación:**

¿Cómo puede contribuir el estudio sobre fenómenos relativos a la visión, mediante el empleo de una cámara oscura en un contexto de aprendizaje por indagación, en la formación en didáctica de la ciencia de futuro profesorado de Educación Primaria?

Dado que la propuesta didáctica está dirigida a la formación inicial de maestros de Educación Primaria, parece razonable cuestionarse qué incidencia tendrá, por un lado, en su educación científica básica; esto es, en la mejora de su conocimiento del contenido, en este caso sobre fenómenos relativos a la visión. Partimos de la base, por las propias características del contexto (que detallamos en el apartado de metodología) y la literatura revisada, de que estos conocimientos son escasos o inadecuados, pero tienen ideas sobre ellos. Por ello es procedente realizar una revisión de la progresión de esas ideas. Y, por otro lado, con vistas a su formación como docentes, nos cuestionamos si son capaces de reconocer una posible estrategia para abordar el fenómeno de la visión en el aula y de familiarizarse con el enfoque de aprendizaje por indagación. En este caso partimos de un contexto en el que los FPP no han

trabajado nunca por indagación y son desconocedores de este enfoque, presentando bajas destrezas en formulación de preguntas investigables, formulación de hipótesis, etc. Por tanto, nos interesa saber cuáles son los logros alcanzados tras la intervención.

En consecuencia, se estima necesario concretar el problema general en los dos problemas específicos (subproblemas) siguientes:

Subproblema 1 (SP1). ¿Qué aprende el futuro profesorado sobre fenómenos relacionados con la visión mediante una secuencia indagativa utilizando la cámara oscura?

Subproblema 2 (SP2). ¿Qué aprende el futuro profesorado con la cámara oscura para enseñar sobre fenómenos relacionados con la visión desde un enfoque indagativo?

La búsqueda de respuestas a dichos interrogantes plantea la necesidad de establecer una serie de objetivos de investigación, que se detallan en la tabla 1, en función del problema general y los subproblemas a abordar.

Tabla 1
Problemas y objetivos de la investigación

Problema general	
¿Cómo puede contribuir el estudio sobre fenómenos relativos a la visión, mediante el empleo de una cámara oscura en un contexto de aprendizaje por indagación, en la formación en didáctica de la ciencia de futuro profesorado de Educación Primaria?	
Objetivo general	
Conocer en qué medida contribuye el estudio sobre fenómenos relativos a la visión, mediante el empleo de una cámara oscura en un contexto de aprendizaje por indagación, a la formación en didáctica de la ciencia de futuro profesorado de Educación Primaria.	
Problemas específicos (Subproblemas)	
SP1. ¿Qué aprende el futuro profesorado de Primaria sobre fenómenos relacionados con la visión mediante una secuencia indagativa utilizando la cámara oscura?	SP2. ¿Qué aprende el futuro profesorado con la cámara oscura para enseñar sobre fenómenos relacionados con la visión desde un enfoque indagativo?
Objetivos específicos	
OE1. Diseñar una propuesta de enseñanza indagativa utilizando la cámara oscura como recurso.	
OE2. Describir y analizar las ideas del futuro profesorado sobre los fenómenos relacionados con la visión antes y después de su participación en una secuencia de enseñanza indagativa.	OE3. Describir y analizar los logros alcanzados por el futuro profesorado de Primaria en relación con la enseñanza de fenómenos sobre la visión, desde un enfoque indagativo.
OE4. Describir y analizar las dificultades encontradas por el futuro profesorado de Primaria	
OE5. Hacer propuestas de mejora a la secuencia de indagación diseñada.	

2.2. Hipótesis

Tras la amplia revisión bibliográfica y los argumentos expuestos en el marco teórico podemos establecer las siguientes hipótesis:

SP1. ¿Qué aprende el futuro profesorado sobre fenómenos relacionados con la visión mediante una secuencia indagativa utilizando la cámara oscura?

El futuro profesorado de Educación Primaria mejorará sus ideas sobre los fenómenos relacionados con la visión, utilizando la cámara oscura como recurso, en una secuencia de tipo indagativa.

El alumnado será capaz de identificar los elementos implicados en el fenómeno (fuente, rayos, ojo) y contemplarán adecuadamente las relaciones entre ellos. Además, se favorecerá la comprensión de la formación de imágenes en la retina y sus características con respecto al objeto observado. En particular, la inversión de las imágenes y la relación entre sus tamaños y la distancia al objeto.

SP2. ¿Qué aprende el futuro profesorado con la cámara oscura para enseñar sobre fenómenos relacionados con la visión desde un enfoque indagativo?

Se espera que el futuro profesorado identifique las diferentes etapas de una secuencia indagativa con vistas a su formación docente y futura puesta en práctica con alumnado de Educación Primaria, en lo relativo a la fenomenología de la visión: formular preguntas específicas e investigables, realizar predicciones, formular hipótesis, diseñar plan para verificar las hipótesis, diseñar tablas donde recoger los resultados, ejecutar el diseño experimental, analizar datos, elaborar resultados, extraer conclusiones y comunicar las conclusiones y defenderlas en una puesta en común.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

Nuestra investigación se enmarca en el paradigma interpretativo de la investigación cualitativa. Como se acaba de presentar en el capítulo anterior, el propósito es someter a análisis la efectividad educativa de un recurso didáctico para aprender mediante indagación sobre el fenómeno de la visión. Por tanto, estamos ante un estudio de caso de carácter evaluativo (Padilla, 2000). Como señala Cabrera (1987), *“cuando la evaluación tiene por objeto valorar la eficacia ya sea de algún elemento, del proceso, o de un programa en su totalidad, tiene el significado de investigación evaluativa”*.

En la figura 2 se presenta un esquema del estudio realizado.

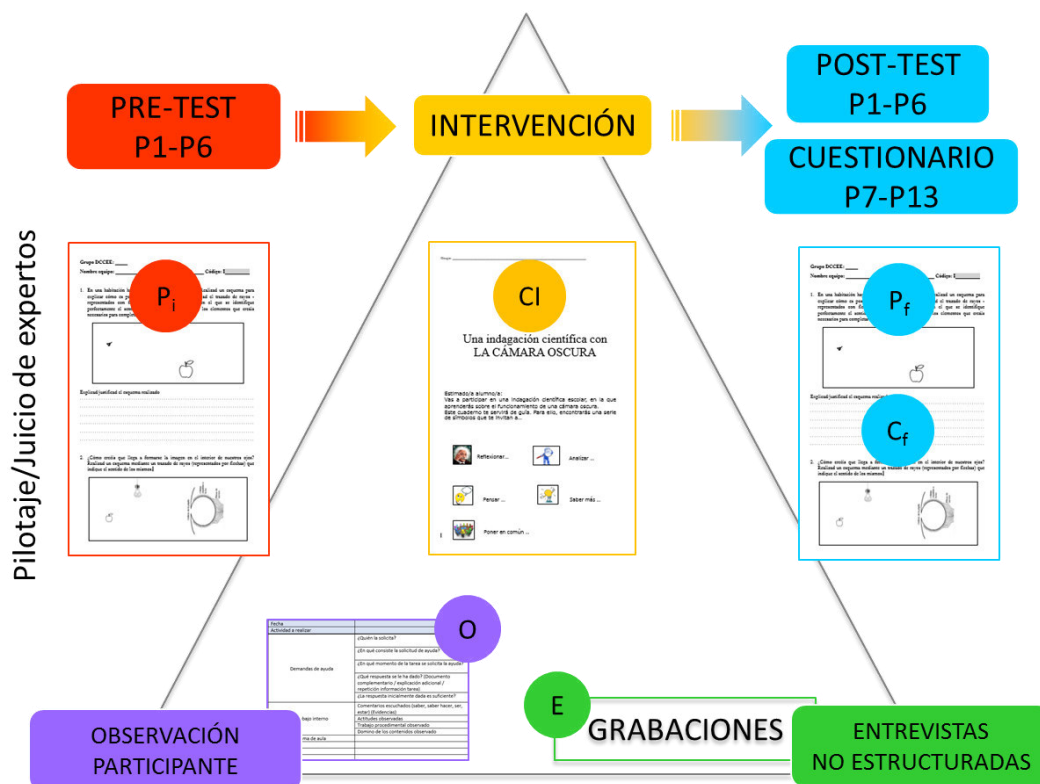


Figura 2. Esquema del estudio realizado.

3.1. Participantes y contexto

Los participantes en el estudio fueron 104 FPP (70 mujeres y 34 hombres, de edades comprendidas entre los 19 y 25 años, y una media de edad de 20,3 años), que cursaban la asignatura de *Didáctica de las ciencias Experimentales* (90 horas de clase presenciales). Se trata de una asignatura troncal u obligatoria de los planes de estudio para el 2º curso del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Sevilla. La muestra fue elegida por conveniencia (Ávila, 2006), y forma parte de un escenario natural de aprendizaje (Albert, 2009). Esto es, fueron seleccionados aquellos participantes a los que se tuvo acceso en el momento de realizar el estudio; los cuales representaban el 22,2% del total del FPP que cursaba dicha asignatura en la Facultad de Ciencias de la Educación de la citada Universidad.

En España, los FPP que acceden al Grado en Educación Primaria suelen tener un bagaje insuficiente de conocimientos científicos (Barberá, 2002; Bonil & Márquez, 2011; García-Carmona, Cruz-Guzmán & Criado, 2014; García-Carmona & Cruz-Guzmán, 2016). En nuestro caso (figura 3), solo el 9% de los participantes había accedido a la Universidad desde un itinerario académico relacionado con la ciencia. El resto de participantes lo hizo desde itinerarios académicos de arte, ciencias sociales o humanidades. Además, de estos últimos, el 77% había tenido el último contacto con la ciencia escolar a los 14-15 años, y un 14% a los 16 años.

Metodología

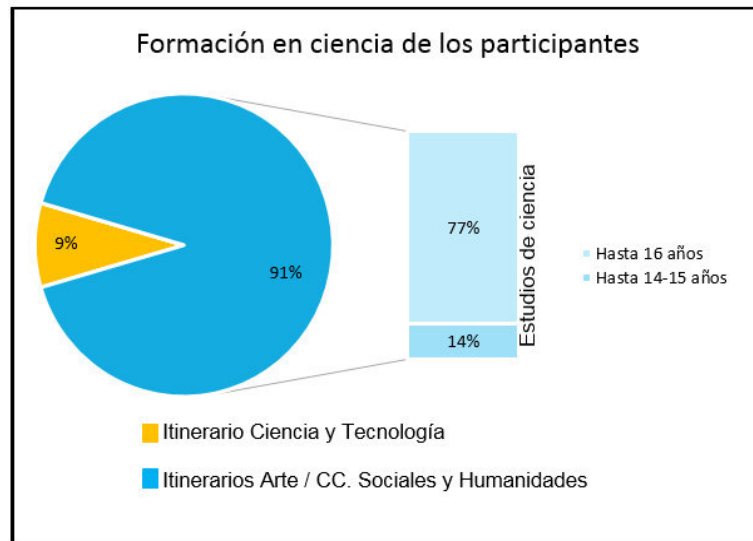


Figura 3. Itinerarios de Bachillerato de procedencia del FPP participante.

Durante el primer curso universitario, los FPP reciben formación sobre fundamentos básicos de química, biología y geología; sin embargo, no reciben enseñanza sobre fundamentos básicos de física. Por tanto, estos últimos se intentan abordar dentro de la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales. En nuestro caso, la mayoría de los participantes afrontó el estudio de la formación de imágenes mediante la cámara oscura con conocimientos de óptica bastante escasos.

Por otra parte, es preciso decir que la formación en ciencia que reciben los FPP durante el primer curso es impartida por profesorado que no es especialista en didáctica de las ciencias. Asimismo, las clases que este profesorado imparte se desarrollan, generalmente, mediante un enfoque educativo tradicional; esto es, basado en la transmisión de conocimientos ya elaborados para su recepción pasiva y acrítica por el alumnado. En esta línea, las actividades de laboratorio que realizan son de tipo “receta de cocina” a partir de un guion proporcionado por el educador, que los FPP siguen paso a paso de un modo mecánico. Por

tanto, los participantes en este estudio no tenían experiencia previa con el aprendizaje de la ciencia basado en la indagación; un hecho que se pudo comprobar en los prolegómenos de la experiencia educativa objeto de análisis.³

Para llevar a cabo la indagación, los FPP se organizaron en pequeños grupos de trabajo, llegándose hasta un total de 26 grupos. La razón de organizarlos en grupos de trabajo fue por el convencimiento de que la interacción entre sus miembros favorece la elaboración de respuestas más completas, pues tienen que consensuar una representación común que coordine las distintas opiniones de todos (Salmerón, 2013). Este convencimiento está, además, avalado por la amplia experiencia de nuestro grupo de investigación en esta estrategia de trabajo en el aula (Cruz-Guzmán et al., 2017; García-Carmona, 2017; García-Carmona et al., 2017, 2018).

3.2. Técnicas e instrumentos utilizados para la recogida de datos

Para dar respuesta a nuestros problemas de investigación se recurrió al diseño de diversos instrumentos, y se aplicaron las técnicas que se consideraron más adecuadas con el fin de realizar un estudio lo más completo posible, teniendo en cuenta sus características.

En la tabla 2 se exponen las técnicas e instrumentos que se utilizan en nuestra investigación (Bisquerra, 2014; Colás & Buendía, 1988; McMillan & Schumacher, 2010):

³ A modo de exploración preliminar, la doctoranda pasó a los FPP un breve cuestionario al inicio sobre procedimientos básicos para una indagación científica escolar.

Tabla 2

Relación de técnicas utilizadas, instrumentos diseñados y su finalidad

Técnica	Instrumento diseñado	Finalidad
Cuestionario	Cuestionario	Conocer las ideas del FPP antes y después de la intervención en relación con las ideas sobre fenómenos relacionados con la visión. Conocer las dificultades de los FPP en relación con el aprendizaje de fenómenos ópticos. Conocer los logros alcanzados por el FPP en relación a la enseñanza de los fenómenos relacionados con la visión, desde un enfoque indagativo.
Análisis documental	Cuaderno de indagación FPP	Obtener datos acerca de las dificultades encontradas durante la indagación.
Observación participante	Diario profesora	Anotar las incidencias derivadas de la intervención. Anotar los comentarios del FPP durante la intervención.
Entrevista (de desarrollo)	Entrevistas	Conocer las dificultades encontradas por el FPP, profundizar sobre las tareas realizadas en el aula, conocer las dificultades encontradas y sus impresiones generales sobre la propia intervención, así como las propuestas de mejora sugeridas por ellos.

Validez: pilotaje, juicio de expertos, triangulación

A continuación, se detallan los instrumentos utilizados y, en su caso, el proceso de validación seguido:

- **Cuestionario**

Para analizar la progresión de las ideas de los FPP sobre fenómenos relacionados con la visión (SP1) y para saber lo que aprende como FPP para enseñar sobre dichos fenómenos (SP2), se diseñó un cuestionario que se aplicó antes (pre-test) y después de la intervención educativa (post-test) en el caso

del SP1 (en este sub-estudio se utilizaron los datos correspondientes a las preguntas de la 1 a la 6). Para la toma de datos necesaria para el sub-estudio 2 (SP2) se aplicó el cuestionario solo tras la intervención realizada (preguntas de la 7 a la 14). En la elaboración de la primera versión del cuestionario se tuvieron en cuenta los objetivos de aprendizaje marcados en la intervención, las experiencias previas con la cámara de dos de los investigadores participantes (Criado et al., 2007), y la literatura revisada. En particular, la primera pregunta del cuestionario está inspirada en el trabajo de Osuna et al. (2007); el resto de preguntas son de diseño propio.

La primera versión del cuestionario fue elaborada por la doctoranda y revisada posteriormente por uno de los directores de la tesis. A continuación, ambos se reunieron para intercambiar impresiones y consensuar las modificaciones que conllevaran una mejora del mismo. La versión surgida de esta discusión se aplicó a los 40 FPP de un curso previo al que se llevó a cabo la investigación como experiencia piloto. Esta implementación preliminar sirvió para introducir algunos cambios en el cuestionario, fundamentalmente para mejorar su validez de constructo (por ejemplo, la adición del párrafo que está entre paréntesis en la pregunta 1, que demanda a los alumnos que incluyan flechas para, de esta forma, evitar la pérdida de información).

Tras esto, el cuestionario fue revisado por el otro director de la tesis, así como por 3 expertos en enseñanza de la ciencia ajenos a la investigación (otros profesores del área de didáctica de las ciencias experimentales). Fruto de esta revisión, se eliminaron de la versión inicial preguntas que eran poco relevantes para el estudio, habiendo en esto un grado de acuerdo del 100% entre los revisores. De igual forma, estos sugirieron, con una coincidencia de casi el 70%, la introducción de nuevas preguntas. Las sugerencias fueron sometidas a

Metodología

discusión hasta alcanzar el acuerdo pleno entre la doctoranda y sus directores de tesis. Como resultado de todo este proceso, se obtuvo la versión final del cuestionario (anexo 1).

Se necesitaron $\frac{3}{4}$ h para que los grupos respondieran a las preguntas de las que consta el cuestionario correspondiente al SP1 (pre-test) y $1 \frac{1}{2}$ h para responder, tras la intervención, a las preguntas correspondientes tanto al SP1 (post-test) y al SP2. Se optó por que contestaran en grupo por dos motivos. El primero, por coherencia con la estrategia de trabajo en grupo justificada más arriba. No obstante, se dejó la posibilidad de que, en caso de no llegar a una respuesta común y representativa de todos los miembros del grupo, se plasmaran todas las hipótesis que prevalecieron tras la discusión de cada pregunta. El segundo motivo responde a que, según nuestra experiencia docente, los FPP suelen ser reacios a contestar cuestionarios de forma individual cuando no están en situación de examen oficial. Pero, si están en grupo, tienden a comentar y discutir las respuestas, aunque no se les haya pedido deliberadamente. Con lo cual, tenemos más garantías de que las respuestas, elaboradas con cierta meditación, pueden ser representativas de cómo interpretan los estudiantes la formación de imágenes.

● **Cuaderno de indagación del FPP**

De acuerdo con la clasificación de tipos de indagación científica propuesta por Banchi y Bell (2008), en la propuesta educativa para estudiar la formación de imágenes con la cámara oscura se planteó como una *indagación guiada*. Con el fin de *guiar* adecuadamente a los FPP en el desarrollo de la indagación, se elaboró un cuaderno con informaciones y tareas a realizar (*Cuaderno de indagación*). La elaboración del cuaderno de indagación tuvo como punto de partida nuestra propia experiencia y los trabajos previos con la cámara oscura

de Criado et al. (2007). Asimismo, el cuaderno de indagación se sometió a procesos de validación y fiabilidad. Para ello, el curso anterior se hizo una implementación piloto de una primera versión del cuaderno de indagación con 40 FPP que tenían características similares.

Los resultados de esta implementación piloto fueron analizados por los tres investigadores del estudio (doctoranda y directores de la tesis) mediante estrategias de evaluación inter-jueces. Fruto de este proceso, se hicieron los ajustes necesarios para mejorar la utilidad del cuaderno de indagación de acuerdo con los propósitos de la indagación. Los principales cambios estuvieron centrados, sobre todo, en calibrar la cantidad de información que era necesaria aportar a los FPP para que pudieran hacer las tareas de forma autónoma, sin restar el desafío requerido en una indagación. La nueva versión del cuaderno fue sometida al juicio de los 3 expertos en didáctica de las ciencias, que también habían participado en la validación del cuestionario, y cuyas valoraciones permitieron incluir algunas mejoras adicionales para obtener la versión final del cuaderno de indagación. Los cambios sugeridos por los evaluadores estuvieron encaminados a mejorar tanto la validez de constructo como de contenido.

En cuanto a la *validez de contenido* se han incorporado preguntas de reflexión como las siguientes: ¿Por qué pensáis que habéis obtenido resultados diferentes?, ¿En qué medida creéis que los datos son fiables?, ¿Qué cambiaríais si tuvierais que volver a tomar datos?, etc.

Pese a que el diseño se hizo en bajo la premisa de la secuencia de actividades favoreciera la indagación guiada, tras la revisión de los expertos, nos dimos cuenta de que había actividades demasiado dirigidas y pocas actividades

Metodología

metacognitivas. Se hizo necesario incluir este tipo de actividades de manera que estas nos ayudaran a poner el foco de atención en cómo aprenden los FPP en el seno de una indagación científica escolar, y valorar las posibles dificultades que van encontrando. Como ejemplo de ello, se puede citar la eliminación de la formulación de hipótesis del FPP, dejándole libertad para formularla con ayuda de un pequeño párrafo a modo de guía. En este sentido, el 75% de los expertos están de acuerdo en que el cuaderno de indagación debe *dejar un poco de margen de maniobra (...) para que los alumnos se equivoquen y reflexionen sobre por qué creen que se han equivocado, por qué creen que no han obtenido el resultado previsto, etc.*

En cuanto a la *validez de constructo* se incorporan frases aclaratorias y se enumeran algunas figuras. Se incluye el texto siguiente: “Antes de comenzar la indagación necesitas saber...” También se añaden dos flechas que aclaran en el orden de las tres fases de la evolución del ojo, mostradas en el cuaderno. Por otra parte, se inserta pie de figura (página 3 del CI), que no aparecía, describiendo el sentido de cada imagen. Se cambia el color utilizado para que se vea mejor lo que queremos representar. De igual forma, aunque los revisores no lo sugieren, la revisión intra-juez realizada por la doctoranda lleva a cambiar la imagen del proceso de formación de imágenes en la retina por otra donde se vea de manera más clara la inversión izquierda-derecha.

Además de todo ello, se eliminan los esquemas demostrativos con los que pueden comprobarse teóricamente las hipótesis que, como tarea, debían formular los FPP. En su lugar, se optó por utilizarlos solamente en el aula durante la secuencia de actividades propuesta. La intención era no dejar que los FPP tuvieran acceso a ello antes de lo deseable, durante la indagación, para no influir en la formulación de sus hipótesis iniciales.

- **Diario de la profesora**

Durante toda la intervención se fueron realizando observaciones a lo que acontecía en clase, sobre todo en los momentos en que el FPP realizaba alguna tarea y durante el trabajo de campo, teniendo como referencia para la toma de datos el anexo 3. Durante el proceso se observó el desarrollo de la tarea con dos personas de apoyo (previamente asesoradas) que realizaron anotaciones en su cuaderno, ya que como investigadora resultaba muy complicado estar al tanto de lo que iba ocurriendo en los grupos de manera simultánea. Tanto las dos personas de apoyo, como la doctoranda, fueron rotando por los diferentes grupos realizando las anotaciones de las situaciones y comentarios que se daban en los diferentes equipos, durante el trabajo de campo realizado.

- **Entrevistas**

Se realizaron entrevistas, no estructuradas, a seis de los grupos de trabajo (G2, G15, G22, G24, G25, G26) que participaron en el estudio. Aunque se hizo la invitación de participar en esta actividad a todos los equipos, no fue posible entrevistar a más, ya que la entrevista se hacía fuera del horario de clase y además coincidía temporalmente con el final de curso, periodo en el que el FPP está bastante saturado y con los nervios propios de los exámenes que tenían a las puertas.

En cada entrevista el procedimiento utilizado consistió en tomar el cuaderno de indagación y los cuestionarios del grupo a entrevistar y establecer un dialogo para aclarar los aspectos que presentaban dudas a la investigadora. Por ejemplo, el G25 había pintado un trazado de rayos no rectilíneo, creando la duda de si pensaban que la luz no se propaga en línea recta o bien si habían realizado el dibujo de forma descuidada. Así, durante la entrevista se aclaró que la curvatura de los rayos se debía al proceso seguido en el dibujo (tras

Metodología

tener dibujados el objeto y la imagen habían pretendido unir los puntos objeto con los puntos imagen mediante rayos). Habiendo priorizado esta idea descuidaron tener en cuenta que la luz se propaga en línea recta.

En síntesis, las entrevistas fueron muy enriquecedoras y nos han servido para apoyar los datos obtenidos a través de otros instrumentos.

3.3. Obtención de los datos de la investigación y proceso de análisis

3.3.1. Diseño de la rúbrica de evaluación del cuestionario

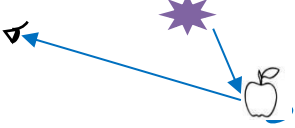
Estudio SP1. ¿Qué aprende el futuro profesorado sobre fenómenos relacionados con la visión mediante una secuencia indagativa utilizando la cámara oscura?

Para analizar las respuestas de los grupos a las cuestiones se elaboró una rúbrica de evaluación. Su diseño partió de los análisis preliminares del cuestionario, así como de los procesos de validación y fiabilidad seguidos en la construcción de este, ya descritos. Para categorizar las respuestas se establecieron tres niveles de respuesta, según su grado de proximidad a lejanía a la respuesta experta. Los niveles son los siguientes:

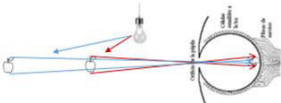
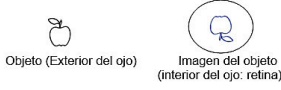
- Nivel 1: conocimiento inadecuado en relación con la respuesta experta o deseable.
- Nivel 2: conocimiento adecuado, pero incompleto en relación con la respuesta experta.
- Nivel 3: conocimiento deseable, coincidente con la respuesta experta en los términos definidos en la rúbrica.

Las respuestas a las preguntas del cuestionario consideradas adecuadas, o respuestas expertas (nivel 3), se muestran en la tabla 3.

Tabla 3
Rúbrica de evaluación pre-test/post-test

Pregunta	Respuesta experta	Niveles de respuesta
<p>1. En una habitación hay una manzana a la que miráis: Realizad un esquema para explicar cómo es posible que veáis la manzana (Dibujad el trazado de rayos -representados con flechas- que creáis conveniente, en el que se identifique perfectamente el sentido de los mismos e introducid los elementos que creáis necesarios para completar el esquema)</p>	 <p>Explicad/justificad el esquema realizado Para que veamos los objetos es necesario que estemos en presencia de luz. En esta situación nuestro ojo captará parte de la luz que es reflejada por el objeto.</p>	<p>3. La respuesta se ajusta a la respuesta experta. 2. La respuesta se ajusta parcialmente a la respuesta experta. 1. La respuesta no se ajusta a la respuesta experta</p> <hr/> <p>3. La respuesta se ajusta a la respuesta experta. 2. La respuesta se ajusta parcialmente. 1. No hay coincidencia con la respuesta experta</p>

Pregunta	Respuesta experta	Niveles de respuesta
<p>2. ¿Cómo creéis que llega a formarse la imagen en el interior de nuestros ojos? Realizad un esquema mediante un trazado de rayos (representados por flechas) que indique el sentido de los mismos.</p>	<div data-bbox="576 322 863 472" data-label="Image"> </div> <p>Explicad/justificad el esquema realizado</p> <p>La manzana iluminada refleja luz que nuestros ojos captan. Cada punto de la manzana emite luz en todas direcciones. A nuestros ojos llegan una selección de todos esos rayos, formándose en nuestra retina una imagen; de tal manera que, procedentes de la parte superior de la manzana sólo pasarán los que se dirigen hacia abajo; procedentes de la base de la manzana, solo pasarán los que se dirigen hacia arriba; de la derecha del objeto, sólo llegarán a la izquierda de la pantalla... Como consecuencia, la selección de rayos de la pupila produce en la retina una imagen con simetría central respecto a la del objeto.</p>	<p>3. El dibujo se ajusta al esquema anterior.</p> <p>2. El dibujo se ajusta parcialmente al esquema anterior.</p> <p>1. El dibujo no se ajusta al esquema anterior</p> <hr/> <p>3. La respuesta se ajusta a la respuesta experta.</p> <p>2. La respuesta se ajusta parcialmente.</p> <p>1. No hay coincidencia con la respuesta experta</p>

Pregunta	Respuesta experta	Niveles de respuesta
3. Si nos acercamos la manzana, la imagen que se forma de la misma en el interior de nuestros ojos ¿qué diferencias y/o similitudes tendrá con la anterior (pregunta 2)	Si acercamos la manzana la imagen que se produce en nuestra retina es mayor (trazado rojo, imagen roja) ya que el ángulo subtendido entre los rayos inferior y superior es mayor. Esto conlleva que el punto-imagen correspondiente al punto-objeto superior de la manzana se forme en un punto más bajo de nuestra retina, etc.	3. La respuesta se ajusta a la respuesta experta. 2. La respuesta se ajusta parcialmente. 1. No hay coincidencia con la respuesta experta.
	Justificad esas diferencias y/o similitudes realizando un esquema.	3. El dibujo se ajusta al esquema anterior. 2. El dibujo se ajusta parcialmente al esquema anterior. 1. El dibujo no se ajusta al esquema anterior.
		
4. Dibujad cómo será la imagen de la manzana que se forma en nuestra retina.		3. La imagen dibujada coincide con la que aparece en la figura anterior. 2. La imagen dibujada aparece invertida solo arriba/abajo o derecha/izquierda. 1. La imagen que se forma en la retina no sufre ningún cambio respecto al objeto observado.
5. ¿Qué papel pensáis que tiene la pupila en la formación de imágenes en el ojo?	A través de la pupila se regula la entrada de la luz necesaria para que la imagen se forme en nuestra retina.	3. La respuesta se ajusta a la respuesta experta. 2. La respuesta se ajusta parcialmente. 1. No hay coincidencia con la respuesta experta.

Pregunta	Respuesta experta	Niveles de respuesta
6. ¿Pensáis que el tamaño de la pupila (con sus variaciones) influye en la formación de imágenes en nuestros ojos? Argumentad vuestra respuesta.	Si el tamaño de la pupila fuera más grande, entraría demasiada luz en nuestro ojo y no seríamos capaces de distinguir ninguna imagen (no habría zonas más y especialmente iluminadas). Si el tamaño de la pupila fuera demasiado pequeño, de igual manera, no entraría la cantidad de luz necesaria para poder distinguir una imagen (no se alcanzaría el umbral mínimo de sensibilidad)	3. La respuesta se ajusta a la respuesta experta. 2. La respuesta se ajusta parcialmente. 1. No hay coincidencia con la respuesta experta

Estudio SP2. ¿Qué aprende el futuro profesorado con la cámara oscura para enseñar sobre fenómenos relacionados con la visión desde un enfoque indagativo?

La tabla 3 muestra la rúbrica de evaluación que se ha tenido presente para valorar las cuestiones de 7 a 14, encaminadas a dar respuesta al SP2. Los niveles establecidos siguen los criterios de lo ya mencionado para el SP1.

Tabla 3
Rúbrica de evaluación cuestionario SP2

Pregunta	Respuesta experta	Niveles de respuesta
7. ¿Qué dispositivo construiríais para explicar cómo se forman las imágenes en el interior del ojo? Describidlo y haced un dibujo explicativo.	El dispositivo elegido y diseñado puede ser diverso.	3. La descripción del dispositivo que se realiza tiene una fundamentación teórica para conseguir el objetivo propuesto y puede construirse en el aula. 2. La descripción del dispositivo no tiene fundamentación teórica para conseguir el objetivo previsto y/o no es posible construirlo en el aula. 1. No existe descripción del dispositivo.
	Dibujo/esquema del dispositivo Podemos encontrar dibujos diversos en función del dispositivo elegido.	3. Se dibuja el dispositivo y se visualiza la utilidad para explicar la formación de imágenes en el interior del ojo. 2. El dispositivo dibujado es coherente con la descripción dada pero no es útil para alcanzar el objetivo propuesto. 1. No se realiza dibujo/esquema explicativo.

Pregunta	Respuesta experta	Niveles de respuesta
8. ¿Qué analogías o similitudes encontraréis entre las partes de ese dispositivo y las partes del ojo?	Las analogías dependerán del dispositivo diseñado pero se espera que haya referencias a las partes del ojo y se establezcan las analogías con las partes del dispositivo diseñado de manera que estas sean adecuadas.	3. Se indican cuáles son las analogías existentes entre el dispositivo diseñado y el ojo y son adecuadas. 2. Se indican las analogías parcialmente y/o aparece alguna analogía no adecuadas 1. No se indica ninguna analogía.
9. ¿Qué utilidad didáctica pensáis que pueden tener dispositivos como el que habéis descrito en el estudio de la visión? Argumentad la respuesta.	Las respuestas serán variadas pero se espera que argumenten la utilidad didáctica del dispositivo diseñado.	3. Se indican y argumenta la utilidad didáctica del dispositivo 2. Se indican utilidades didácticas pero no se argumentan. 1. No se indican utilidades didácticas ni se argumentan.
10. ¿Qué interés pueden tener los temas relacionados con la visión (cámaras y otros dispositivos ópticos, enfermedades oculares, problemáticas sociales asociadas con defectos visuales...) en la educación científica básica del FPP de Primaria? Argumentad vuestra respuesta intentando hacer referencia a los distintos aspectos indicados en el paréntesis de la pregunta.	Las respuestas serán variadas pero se espera que hagan referencia a la importancia de la alfabetización científica y a las aplicaciones e implicaciones de ese saber.	3. Se hace referencia a la alfabetización científica y a las aplicaciones e implicaciones del conocimiento científico que se aborda. 2. Se hacen referencias a la alfabetización científica o a las implicaciones y aplicaciones. 1. No se hace referencia a ninguna de las dos cuestiones anteriores.

Pregunta	Respuesta experta	Niveles de respuesta
11. ¿Qué problemas investigables podríamos hacer en un aula de Primaria que tuviera como soporte didáctico el dispositivo que habéis descrito en la pregunta 7?	Las respuestas serán diversas en función del dispositivo elegido pero se espera que las preguntas planteadas sean investigables en el aula (utilizando el dispositivo).	3. Se plantean preguntas investigables en el aula teniendo como soporte didáctico el dispositivo diseñado. 2. Se plantean preguntas no investigables en el aula y/o que no guardan relación con el dispositivo propuesto. 1. Las preguntas planteadas no son investigables en el aula ni tienen relación con el dispositivo propuesto
12. Elegid uno de los problemas anteriores e indicad cuáles serían los pasos que seguiríais para realizar esa indagación científica en un aula de Primaria. Describid lo que habría que hacer en cada uno de esos pasos, y el propósito para el que se hace.	Planteamiento del problema de investigación Formulación y fundamentación de la hipótesis. Comprobación experimental de la hipótesis. (Diseño, organización, toma de datos) Análisis de los datos obtenidos Discusión de los resultados Elaboración de conclusiones Difusión de los resultados	3. Se nombran y describen las grandes fases de una investigación escolar, con coherencia en la secuencia propuesta. 2. Se nombran y describen parcialmente las fases de la investigación escolar y/o se nombran pero la secuencia propuesta no es adecuada. 1. No se hace referencia a las fases de la investigación escolar, ni existe ninguna descripción de las mismas.

Pregunta	Respuesta experta	Niveles de respuesta
<p>13. ¿Qué esperáis que aprendan los alumnos de Primaria en los que estáis pensando con la indagación que proponéis? Tratad de detallarlo mediante la formulación de objetivos de aprendizaje.</p>	<p>Los objetivos propuestos serán diversos y dependerán del problema seleccionado, esperando que se haga referencia a contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales.</p>	<p>3. Se hacen referencia de forma adecuada a los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que esperan que los alumnos aprendan. 2. Se hace referencia a uno o dos tipos de contenidos. 1. No hay referencias a ningún contenido.</p>
<p>14. ¿En qué medida pensáis que es útil para los alumnos de Primaria realizar este tipo de actividades en el aula? Argumentad vuestra respuesta.</p>	<p>Las respuestas pueden ser variadas pero se espera que se haga referencia a la importancia de la indagación en el aula y a la importancia de los procedimientos en la enseñanza de la ciencia.</p>	<p>3. Se hacen referencia a la importancia de los contenidos procedimentales en el aprendizaje de la ciencia y a la importancia de la indagación en el aula. 2. Existen referencias parciales a la importancia de los procedimientos y a la importancia de la indagación. 1. No existen referencias a la importancia de los contenidos procedimentales en el aprendizaje de la ciencia ni a la importancia de la indagación en el aula.</p>

3.3.2. Diseño de la intervención docente

A continuación, se detallan cada una de las actividades diseñadas dentro de la secuencia indagativa en el aula que tienen como apoyo el cuaderno de indagación de FPP, cuyo proceso de elaboración se ha descrito anteriormente y durante la cual se ha realizado la observación participante.

La secuencia de actividades se diseña en base a las recomendaciones de diversos autores (Cañal, García-Carmona & Cruz-Guzmán, 2016; Fernández, Elortegui & Rodríguez, 2002; García-Carmona, 2011), y se especifica a continuación:

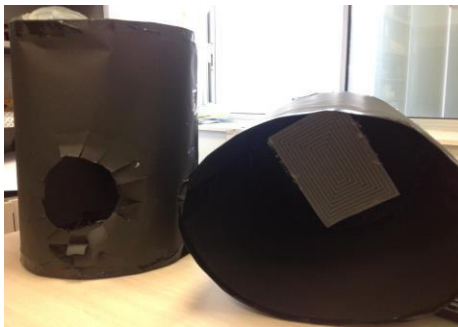
Actividad 1. ¿Qué sabemos?
Objetivo: Conocer las ideas del FPP sobre cómo vemos los objetos y la formación de imágenes en la retina.
Antes de iniciar la indagación escolar hemos de conocer el punto de partida de nuestro FPP ya que hemos de evaluar el recurso utilizado dentro de la secuencia indagatoria que se propone. El FPP contesta a un cuestionario inicial (pre-test) que nos permite saber, entre otras cuestiones, lo que los alumnos conocen acerca de cómo vemos y cómo se forman las imágenes en nuestros ojos.
Tiempo previsto: 1h.

Actividad 2. Presentación indagación con la cámara oscura.
Objetivo: Presentar la indagación.
Se entregará al FPP la primera parte del cuaderno de investigación que contiene las actividades que formarán parte de la indagación.
Tiempo previsto: 10 min.

Actividad 3. ¿Qué es una cámara oscura?

Objetivo: Dar a conocer al FPP la cámara oscura.

Antes de empezar con la indagación es necesario familiarizarse con algunas cuestiones. En primer lugar es necesario conocer si el FPP sabe qué es una cámara oscura. En el cuaderno de indagación (anexo 2) tienen dos esquemas que muestran cómo es una cámara oscura, cuáles son sus partes y cómo ha de estar colocada nuestra cabeza para ver la imagen que se formará en ella. Aparece una cámara de longitud variable y otra fija, similares a las que manipularán. Se les mostrará una cámara oscura de las que utilizarán y se les explicará cómo utilizarla.



Tiempo previsto: 15 min.

Actividad 4. ¿Qué es una imagen?
Objetivo: Recordar el concepto de imagen.
Durante la indagación se deben fijar en la imagen proyectada en el interior de la cámara oscura y en sus características, por lo tanto es necesario recordar el concepto de <i>imagen</i> y llamar la atención sobre la diferencia de esta con la idea de <i>objeto</i> . Es necesario que se acostumbren a utilizar con propiedad ambas palabras cuando redacten sus explicaciones.
Tiempo previsto: 15 min.

Actividad 5. ¿Cómo se forman las imágenes en la cámara oscura?
Objetivo: Dar a conocer las etapas de la evolución del ojo humano.
Para comprender el funcionamiento de la cámara oscura y por qué es un dispositivo que puede ayudarnos a comprender cómo es posible que veamos (las analogías existentes con nuestros ojos) encontramos pertinente dialogar sobre la evolución de nuestro ojo y cómo veíamos en los tres momentos evolutivos que se muestran en el cuaderno de indagación (anexo 2).
Tiempo previsto: 10 min.

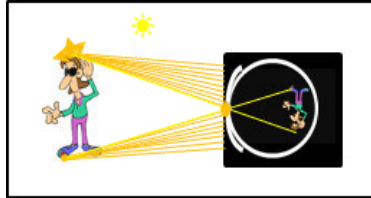
Actividad 6. ¿Cómo evolucionó nuestro ojo hasta hacer posible la formación de imágenes en la retina?
Objetivo: Establecer relación entre forma del ojo y formación de imágenes en su interior.
Se pretende con esta actividad establecer un diálogo y posterior reflexión sobre la relación entre la evolución del ojo y la formación de imágenes en nuestra retina.
Tiempo previsto: 10 min.

Metodología

Actividad 7. ¿Cómo se forma una imagen en el interior de la cámara oscura?

Objetivo: Mostrar el mecanismo de formación de imágenes en la retina.

En este momento se retomará el esquema y aclaración del cuaderno de indagación (anexo 2)



Tiempo previsto: 115 min.

Actividad 8. ¿Cómo podríamos modificar las características de la imagen proyectada en la cámara oscura?

Objetivo: Conocer algunas de las características de una imagen.

Visto lo que es una imagen es necesario incidir en las características de la misma y qué aspectos de la cámara y qué aspectos ajenos a ella, podrían influir en las mismas. Todo ello encaminado a plantear posibles preguntas investigables entre las que esperamos encontrar el problema de investigación que plantearemos.

Tiempo previsto: 10 min.

Actividad 9. Planteamiento de posibles problemas de investigación.

Objetivo: Dar a conocer el problema de investigación.

¿Un cambio en la distancia de la cámara al objeto, alterará el tamaño de la imagen proyectada en el interior de la cámara oscura? Un cambio en la longitud de la cámara, ¿alterará el tamaño de la imagen proyectada en el interior de la cámara oscura? Se plantearán dos problemas específicos sobre los que se trabajarán.

Tiempo previsto: 5 min.

Actividad 10. Formulación de la/s hipótesis al problema planteado
Objetivo: Formular hipótesis.
El FPP ha de formular las hipótesis que considere al problema planteado y realizar un esquema donde se aprecie la fundamentación de la misma que puede estar basada en sus conocimientos escolares, o en su propia experiencia con algún dispositivo. En el cuaderno de indagación (anexo 2) tienen indicaciones para la correcta formulación de hipótesis.
Tiempo previsto: 10 min.

Actividad 11. Diseño para comprobación de la/s hipótesis.
Objetivo: Realizar el diseño de la indagación.
Para realizar la comprobación de la hipótesis se les pedirá que realicen el diseño de la investigación experimental y que planifiquen todo lo que es necesario realizar para ello. Esta planificación requiere tener en cuenta las tareas a desarrollar por cada miembro del grupo, decidir los datos que se quieren tomar, diseñar un instrumento para la recogida de esos datos... y proceder, cuando estén listos, a la toma de datos necesaria para verificar o no sus hipótesis.
Tiempo previsto: 20 min.

Actividad 12. Elaboración de la tabla de recogida de datos.
Objetivo: Elaborar instrumento recogida de datos.
El FPP ha de preparar un instrumento (tabla) para recoger los datos. Se tendrá una tabla preparada por si algún grupo demanda ayuda para su elaboración.
Tiempo previsto: 10 min.

Actividad 13. ¿Qué dificultades habéis tenido durante la planificación realizada?

Objetivo: Identificar las dificultades encontradas durante la planificación.

Se trata de realizar una actividad de metacognición en la que evocarán las dificultades encontradas y cómo las han resuelto, en su caso.

Tiempo previsto: 10 min.

Actividad 14. Comprobación experimental de la hipótesis.

Objetivo: Comprobar hipótesis experimentalmente.

Trabajo de campo. Llegado a este punto se les indicará que están preparados para poner a prueba el diseño planificado. Esto implica que deberán tomar la cámara oscura e ir a un lugar que les permita realizar adecuadamente la toma de datos en el instrumento que han diseñado.

Se les darán las siguientes recomendaciones:

- la utilización de una tela de color negro alrededor del cuello se usará para tapar las posibles rendijas que queden tras introducir la cabeza en la cámara oscura.
- esperar que la vista se adapte a la oscuridad del interior de la cámara para poder apreciar las imágenes proyectadas.
- dirigir el diafragma de la cámara a la visualización de elementos con colores llamativos, evitando los negros marrones y otros colores oscuros.

Tras el trabajo de campo que se realizará con la cámara oscura en las terrazas de la facultad se les hará entrega a FPP de la segunda parte del cuaderno de indagación.

Tiempo previsto: 40 min.

Actividad 15. ¿Qué dificultades han surgido durante la toma de datos? ¿Cómo lo habéis resuelto? ¿Habéis necesitado ayuda?
Actividad 16. ¿En qué medida son fiables los datos que habéis tomado?
Actividad 17. Tras analizar vuestros datos ¿Cuáles han sido vuestros resultados?
Actividad 18. ¿Qué dificultades habéis tenido en el análisis de los datos obtenidos? ¿Cómo las habéis resuelto?
Actividad 19. ¿Habéis obtenido los resultados esperados? (¿A qué puede deberse?)
Actividad 20. ¿Si tuvierais que volver a tomar datos qué modificaríais de vuestra actuación?
Actividad 21. ¿Pensáis que todos los equipos habrán obtenido los mismos resultados? (¿A qué pueden ser debidas las diferencias que puedan surgir?)
Objetivos: Reflexionar sobre las tareas realizadas.
Tiempo previsto: 30 min.

Actividad 22. Elaboración de conclusiones. ¿Qué afirmaciones podéis hacer a partir de los resultados obtenidos?
Objetivo: Elaborar conclusiones.
Los grupos elaborarán las conclusiones al problema planteado recibiendo el apoyo docente necesario para ello.
Tiempo estimado: 10 min.

Metodología

Actividad 23. ¿Qué dificultades habéis tenido en la elaboración de conclusiones? ¿Cómo las habéis resuelto?

Objetivo: Reflexionar sobre las dificultades en la elaboración de conclusiones.

Nos interesa conocer las dificultades que van encontrando durante todo el proceso. En esta parte del diseño de la intervención encontrarán muchas actividades encaminadas a ello que no necesitan descripción pero que mencionaremos. Los alumnos irán reflexionando en grupo sobre las diferentes cuestiones planteadas y escribiendo sus respuestas en la parte del cuaderno de indagación destinada a ello.

Tiempo previsto: 10 min.

Actividad 24. Puesta en común de las conclusiones obtenidas

Objetivo: Poner en común las conclusiones elaboradas, identificar dificultades, reelaborar las conclusiones realizadas.

Se pondrán en común las conclusiones obtenidas por los grupos y se identificarán las posibles dificultades que hayan tenido. En este punto de la intervención se revisará el esquema de formación de imágenes en la cámara oscura que tenemos preparado, como documento (Anexo 3), para aclarar las posibles discrepancias.

Tiempo previsto: 15 min.

Actividad 25. ¿A qué puede deberse que hayamos llegado a conclusiones diferentes?

Objetivo: Reflexionar sobre la puesta en común realizada.

Es posible que ante una misma hipótesis de partida los alumnos lleguen a conclusiones diferentes. Estas discrepancias estarán marcadas por todo el proceso anterior y las dificultades encontradas pueden arrojar luz ante esta cuestión.

Tiempo previsto: 10 min.

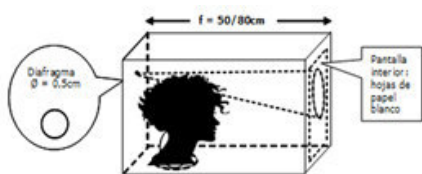
Actividad 26. ¿Qué os ha aportado la puesta en común realizada en gran grupo?
Actividad 27. ¿Qué habéis aprendido con la investigación realizada?
Actividad 28. ¿Qué dudas os han quedado?
Actividad 29. ¿Cómo mejoraríais el desarrollo de la misma?
Actividad 30. ¿Qué otras investigaciones podríamos realizar a partir de la cámara oscura como recurso en el aula?
Objetivo: Reflexionar sobre lo que cada equipos ha realizado y sobre lo aprendido, detectar las dificultades.
Tras las actividades realizadas nos interesa que continúen reflexionando sobre las aportaciones de la puesta en común. Nos interesa además saber qué dudas les han quedado, cómo mejorarían la intervención y qué otras investigaciones podrían realizar utilizando el mismo recurso.
Tiempo previsto: 15 min.

En síntesis, la secuencia se explica, de forma resumida la tabla 5, donde se han reproducido algunos gráficos utilizados en el cuaderno de indagación:

Tabla 5

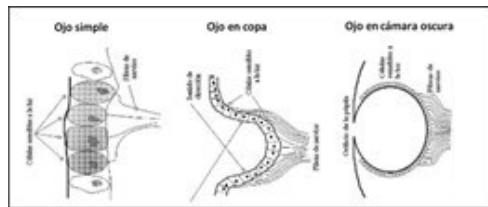
Fases y tareas de la indagación, incluidas en el cuaderno de indagación

Fases y tareas	Descripción
A.1. ¿Qué sabemos?	Actividad de explicitación de ideas previas del FPP: cuestionario
A.2. Presentar la indagación con la cámara oscura	Se entrega al FPP la primera parte del cuaderno de indagación
A.3. ¿Qué es una cámara oscura?	Antes de empezar con la indagación es necesario familiarizarse con algunas cuestiones. Se pregunta a los estudiantes si saben qué es una cámara oscura. En su cuaderno de indagación tienen dos esquemas que muestran cómo es una cámara oscura, cuáles son sus partes y cómo ha de estar colocada la cabeza en su interior para ver la imagen que se formará en ella. Se muestran a los estudiantes dos cámaras reales con las que trabajarán y se explica sobre ellas lo que aparece en el documento de trabajo.

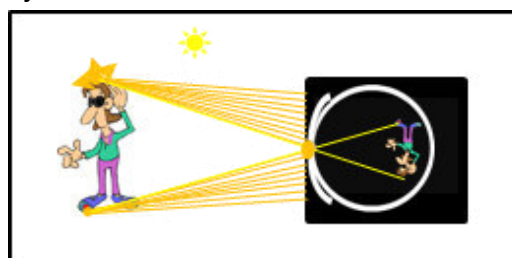


Esquema de cámara oscura de longitud fija

Fases y tareas	Descripción
A.5. ¿Cómo se forman las imágenes en la cámara oscura?	Para comprender el funcionamiento de la cámara oscura y por qué es un dispositivo que puede ayudarnos a comprender cómo es posible que veamos (las analogías existentes con nuestros ojos) es necesario dialogar sobre la evolución de nuestro ojo y cómo veíamos en los tres momentos evolutivos que se muestran en el cuaderno de indagación.
A.6. ¿Cómo evolucionó nuestro ojo hasta hacer posible la formación de imágenes en la retina?	Partiendo del esquema que se muestra en el cuaderno de investigación se dialoga y reflexiona sobre la evolución del ojo y la importancia del tamaño de la pupila en la formación de imágenes. El propósito es poner en evidencia el papel del diafragma. Se pasa de un sistema de visión rudimentario (“células en un plano”) que evoluciona hacia “ojo en copa”, y que acaba en “ojo con pupila”. El cambio supone pasar de la mera detección de luces o sombras al conocimiento de la dirección aproximada de donde proceden y, finalmente, la formación de imágenes proyectadas.



A.7. ¿Cómo se forma una imagen en el interior de la cámara oscura? ¿Qué analogías existen con nuestro ojo?	Con anterioridad cada grupo había diseñado un dispositivo que sirviera para poder explicar el mecanismo mediante el cual se llegan a formar imágenes en la retina (entre ellos se encontraba la cámara oscura), mostrando en ellos las analogías con el mecanismo de formación de imágenes en el ojo.
--	---



Fases y tareas	Descripción
A.8 y siguientes. Fases Indagación escolar Trabajo de campo con la cámara oscura	Los estudiantes subirán a la terraza del edificio de la facultad para observar lo que sucede en el interior de la cámara oscura cuando observan a un compañero, edificio, árbol, etc. Tomarán nota de los datos necesarios para comprobar las hipótesis formuladas a los problemas de indagación que se proponen en su cuaderno de indagación. Irán rellenando todas las actividades en su cuaderno de indagación. Se irán realizando paulatinamente y con la guía correspondiente, las fases de la indagación escolar planteada.

3.3.3. Proceso de análisis de la información

Estudio SP1. ¿Qué aprende el futuro profesorado sobre fenómenos relacionados con la visión mediante una secuencia indagativa utilizando la cámara oscura?

Dado el carácter cualitativo y descriptivo del estudio, para analizar los datos obtenidos con el pre-test y post-test, se combinaron los métodos de análisis intra-juez e inter-jueces en varias fases. En una primera fase de análisis, una de las investigadoras (doctoranda) categorizó las respuestas de los FPP, según los tres niveles indicados anteriormente para cada una de las preguntas. Un mes después, la misma investigadora revisó la categorización inicial de las respuestas, y consiguió afinar la asignación de niveles de muchas de ellas (fase intra-juez 1). Sin embargo, le seguían quedando dudas en la clasificación de algunas respuestas (véase la tabla 6); incluso consideró la posibilidad de ampliar el número de niveles de categorización con la inclusión de niveles intermedios a los tres establecidos inicialmente. Esto se sometió a discusión con el resto de investigadores (fase inter-jueces 1) para consensuar los niveles definitivos de clasificación. Trabajando, principalmente sobre los ejemplos que habían dado lugar a las dudas, se determinó que se debían mantener los tres niveles de categorización establecidos. Y para afinar la clasificación de las respuestas en tales niveles, los investigadores acordaron que se debía tener en cuenta tanto la explicación escrita como el esquema dibujado. Se decidió contemplarlos, bien de manera conjunta si estos eran complementarios; o bien de manera separada, si uno de los dos registros era más esclarecedor que el otro. En aquellos casos donde ambos registros resultaran contradictorios, o alguno de ellos evidenciara una concepción alternativa, serían clasificados con el nivel más bajo (nivel 1). Con estos criterios, la doctoranda volvió a clasificar

Metodología

las respuestas en los citados tres niveles (fase intra-juez 2). En una reunión posterior, esta última clasificación fue sometida nuevamente a discusión con los demás investigadores (fase inter-jueces 2) en la que resolvieron los últimos casos de dudas en las asignaciones de niveles.

Tabla 6

Fases de análisis intra- e inter-jueces seguidas en la categorización de las respuestas del pre- y post-test, con indicación de los casos de dudas (%) que fueron quedando tras cada una de las fases

Preguntas	Categorización inicial Casos de duda (%)		Intra-juez 1 + inter-juez 1 Casos de duda (%)		Intra-juez 2 Casos de duda (%)		Inter-juez 2 Casos de duda (%)
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test	Pre-test/ Post-test
1	46,2	26,9	38,5	19,2	3,8	7,7	0,0
2	42,3	23,1	34,6	19,2	15,4	19,2	0,0
3	46,2	23,1	26,9	15,4	0,0	3,8	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	23,1	19,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	26,9	19,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Estudio SP2. ¿Qué aprende el futuro profesorado con la cámara oscura para enseñar sobre fenómenos relacionados con la visión desde un enfoque indagativo?

Para la categorización de las respuestas del FPP se sigue el mismo procedimiento indicado en el apartado anterior. Los resultados del proceso de categorización llevado a cabo pueden verse en la tabla 7.

Tabla 7

Fases de análisis intra- e inter-jueces seguidas en la categorización de las respuestas de las preguntas 7 a la 13, con indicación de los casos de dudas (%) que fueron quedando tras cada una de las fases

Preguntas	Categorización inicial Casos de duda (%)	Intra-juez 1 + inter-juez 1 Casos de duda (%)	Intra-juez 2 Casos de duda (%)	Inter-juez 2 Casos de duda (%)
7	46,2	38,5	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0
9	23,1	15,4	0,0	0,0
10	26,9	7,7	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0
13	23,1	23,1	7,7	0,0

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se exponen los resultados obtenidos en relación con los dos sub-problemas de investigación planteados y la discusión de los mismos.

4. 1. RESULTADOS

4.1.1 Resultados correspondientes al subproblema 1: comprensión de los futuros docentes sobre el proceso de la visión.

En este apartado mostramos los resultados obtenidos tras el análisis de los datos recopilados.

4.1.1.1. Progresiones de las ideas de los futuros docentes entorno a los aspectos estudiados sobre el proceso de la visión.

En lo que sigue se muestran los resultados obtenidos tras el tratamiento de los datos recogidos en el pre-test y el post-test. Para ello, se incluyen gráficos de sectores con porcentajes obtenidos en los tres niveles de respuestas en cada una de las preguntas analizadas. Además, para representar la progresión de cada grupo en cada pregunta tras la intervención didáctica, se incluyen unos gráficos en forma de escalera. Estos gráficos permiten verificar la evolución de los grupos mediante la siguiente estrategia: cada grupo de trabajo se ha identificado con una "G" y un número lo identifica (G12). Cada grupo aparece ubicado en el nivel de conocimiento correspondiente a los resultados del post-test. Para apreciar el grado de evolución estos, se han añadido unas flechas cuyo punto de partida se sitúa en el nivel inicial de respuesta, en el que se situaban los grupos antes de comenzar la intervención didáctica (pre-test), y el de llegada en el nivel final (post-test). Se utiliza el color verde para destacar los grupos que han evolucionado favorablemente en su aprendizaje, el color

Resultados y discusión

amarillo para aquellos grupos que no han presentado ninguna evolución, y el rojo para los grupos que han presentado un retroceso en su aprendizaje.

Por último, y con objeto de que el lector pueda valorar la fiabilidad del estudio, en los resultados de cada pregunta se incluyen, a modo de descriptores de baja inferencia (Latorre, 2003), ejemplos de citas literales de las respuestas de los grupos categorizadas en cada uno de los tres niveles.

4.1.1.1.1. Progresiones relativas a cómo es posible ver los objetos.

Pregunta 1. En una habitación hay una manzana a la que miráis: Realizad un esquema para explicar cómo es posible que veáis la manzana (Dibujad el trazado de rayos -representados con flechas- que creáis conveniente, en el que se identifique perfectamente el sentido de los mismos e introducid los elementos que creáis necesarios para completar el esquema).

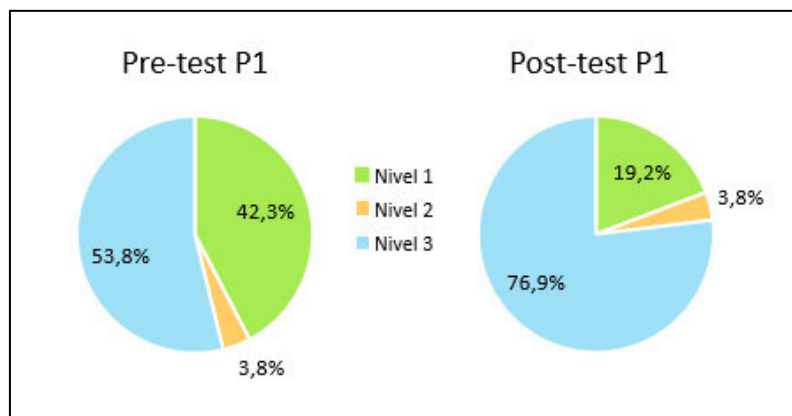


Figura 4. Resultados del pre-test y post-test en la pregunta 1.

Los resultados de la primera cuestión se presentan en la figura 4. Se observa que inicialmente el 53,8 % de los grupos se sitúa en el nivel de conocimiento deseable; y que, tras la intervención realizada en el aula y el trabajo de campo con la cámara oscura, el porcentaje de grupos en el nivel máximo aumenta

hasta un 76,9%. Asimismo, en la figura 5 se representan las progresiones obtenidas por los diferentes grupos. Se puede observar que se produce un cambio del nivel 1 al 3 en cinco de los veintiséis grupos, un cambio del nivel 1 al 2 en un grupo y un cambio del nivel 2 al 3, también en un grupo.

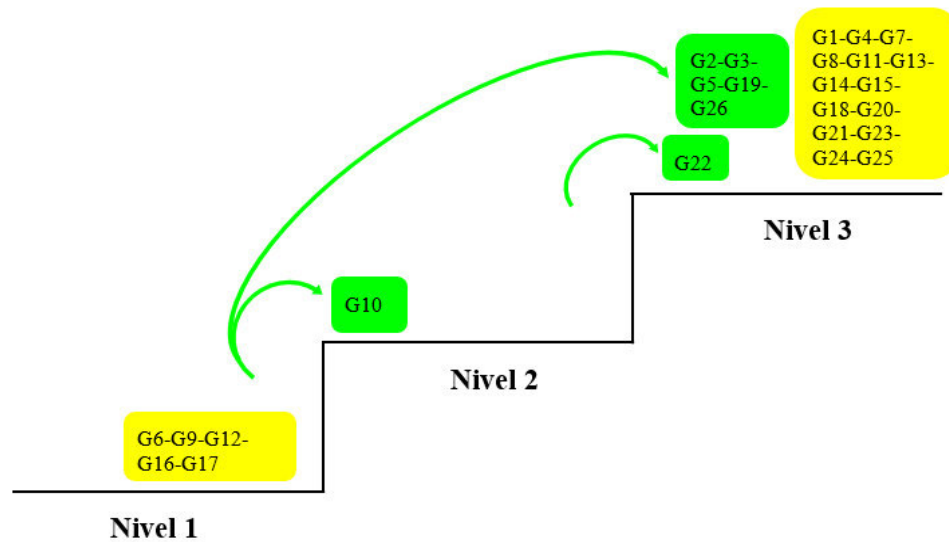


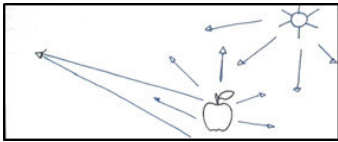

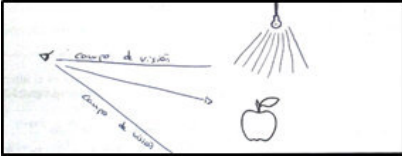
Figura 5. Progresión del conocimiento de cada grupo en la pregunta 1.

A modo de ejemplos, en la tabla 8, se muestran algunas respuestas del FPP en el post-test que son representativas de los tres niveles de conocimientos establecidos.

Resultados y discusión

Tabla 8

Ejemplos de respuestas para cada nivel en la pregunta 1 (post-test)

Nivel	Ejemplos de respuestas (descriptorios de baja inferencia)	Esquema realizado	Frecuencia (%)
3	<p>“Tiene que haber luz para que se pueda ver, una vez que hay luz se refleja en el objeto que a su vez emite luz (en las zonas donde incide la luz). Esta luz reflejada por la manzana llega a nuestro ojo” (G8)</p>		<p>20 (76,9)</p>
2	<p>“El campo visual de nuestro ojo es muy amplio, pero podemos localizar nuestra vista en un objeto concreto, dejando de percibir tanta información de lo que está a su alrededor. Esto es posible debido a la luz que se proyecta en el objeto, y en nuestro ojo” (G10)</p>		<p>1 (3,8)</p>
1	<p>“Introduciendo una bombilla, como también puede ser un foco, lámpara o Sol, nos aporta la luz necesaria para que sea posible visualizar la manzana. Sin luz no sería posible verla.” (G17)</p>		<p>5 (19,2)</p>

4.1.1.1.2. Progresiones de ideas relativas a la formación de imágenes (1)

Pregunta 2. ¿Cómo creéis que llega a formarse la imagen en el interior de nuestros ojos? Realizad un esquema mediante un trazado de rayos (representados por flechas) que indique el sentido de los mismos.

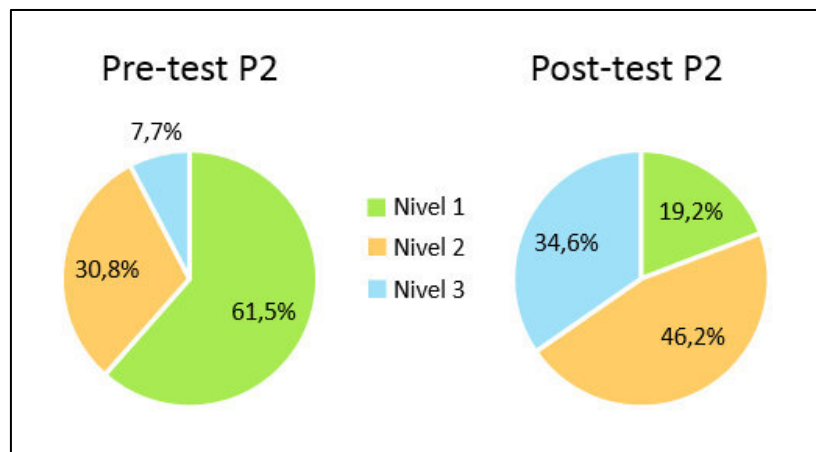


Figura 6. Resultados del pre-test y post-test en la pregunta 2.

Los resultados de la cuestión 2 se registran en la figura 6. Inicialmente, casi 2/3 de los grupos (61,5%) se encuentran en el nivel de conocimiento más bajo (nivel 1), al no considerar una construcción de imágenes mediante proyección de rayos, ni la inversión de la imagen. Un 30,8 % se sitúa en el nivel 2, donde se encuentran aquellos grupos que solo reconocen que la imagen únicamente sufre una inversión arriba-abajo con respecto al objeto observado. Solo un 7,9% de los grupos añade, además, la inversión izquierda-derecha de la imagen, situándose así en el nivel de conocimiento deseable (nivel 3).

Tras la intervención docente, todos los grupos manifiestan alguna progresión, consiguiéndose que 19 de 26 equipos se sitúen en los niveles 2 y 3. Esto se traduce en que son capaces de construir imágenes mediante proyección de

rayos, y de concebir que la imagen obtenida está, al menos, invertida de arriba-abajo.

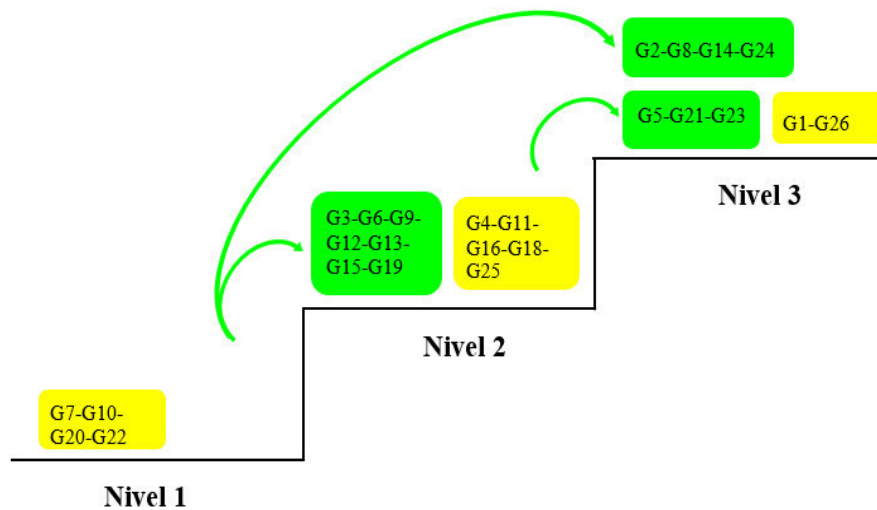
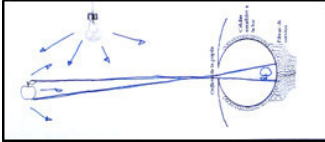

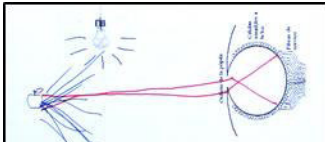


Figura 7. Progresión del conocimiento de cada grupo en la pregunta 2.

Atendiendo a la progresión de los diferentes grupos (figura 7), se observa algún avance en las concepciones 14 de los grupos. De forma pormenorizada, se tiene que 7 de los grupos pasa del nivel 1 al 2, cuatro equipos pasan del nivel 1 al 3, y tres de los veintiséis grupos pasan del nivel 2 al 3. Asimismo, 4 equipos permanecen en el mismo nivel; si bien, dos de estos grupos ya se habían situado en el nivel máximo desde el principio. En los demás casos, cuatro grupos permanecieron en el nivel 1, y cinco en el nivel 2. En la tabla 9 se muestran algunos ejemplos literales de respuestas a la cuestión 2.

Tabla 9

Ejemplos de respuestas para cada nivel en la pregunta 2 (post-test)

Nivel	Ejemplos de respuestas (descriptores de baja inferencia)	Esquema realizado	Frecuencia (%)
3	“El ojo solo percibe una parte de los rayos que emite la manzana y son los que van en esa dirección, por lo que los rayos de arriba van hacia abajo y los de abajo hacia arriba (produciendo la imagen en el interior del ojo).” (G8)		9 (34,6)
2	“Cada parte del objeto refleja los rayos de luz que en él inieren y estos se dirigen en todas direcciones. Al encontrarse con el ojo, éste capta la luz regulándola con la pupila para formar la imagen.” (G4)		12 (46,2)
1	“La luz de la bombilla rebota en la manzana y nos llega de forma invertida, luego es transformada en el interior del ojo.” (G7)		5 (19,2)

Pregunta 3. Si acercamos la manzana, la imagen que se forma de la misma en el interior de nuestros ojos ¿qué diferencias y/o similitudes tendrá con la anterior (pregunta 2)?. Justificad esas diferencias y/o similitudes realizando un esquema.

4.1.1.1.3. Progresiones de ideas relativas a la formación de imágenes (2)

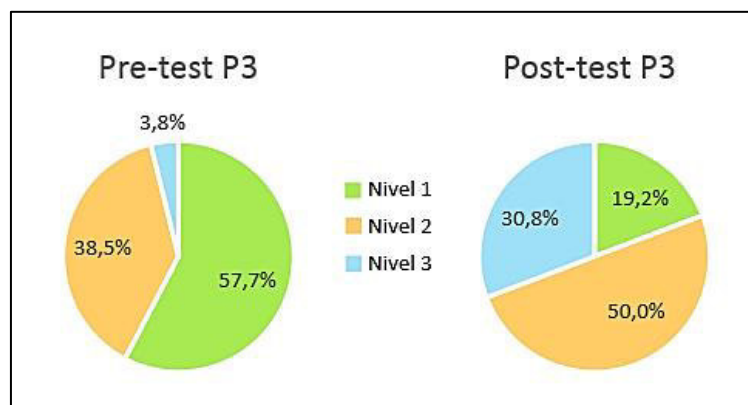


Figura 8. Resultados del pre-test y post-test en la pregunta 3.

En la figura 8 puede apreciarse que, inicialmente, más de la mitad de los grupos (57,7%) se sitúa en el nivel 1, y el 38,5% en el nivel 2. Solo el 3,8% de los grupos dibuja un esquema coherente con la idea de que la imagen ha de aumentar de tamaño (nivel 3). Mientras que, una vez concluida la intervención docente, la cantidad de grupos ubicados en el nivel 1 desciende hasta el 19,2%, un 50% de los grupos se sitúa en el nivel 2, y el 30,8 % en el nivel 3. Por otra parte, en la figura 9 se observa que se logra una progresión favorable en la mitad de los grupos; de manera que seis de ellos pasan del nivel 1 al 2, cuatro del nivel 1 al 3, y tres de los grupos del nivel 2 al 3. La otra mitad de los grupos no presenta

ningún cambio respecto de sus conocimientos iniciales, permaneciendo cinco de ellos en el nivel 1, siete en el nivel 2 y solo un grupo de veintiséis en el nivel 3.

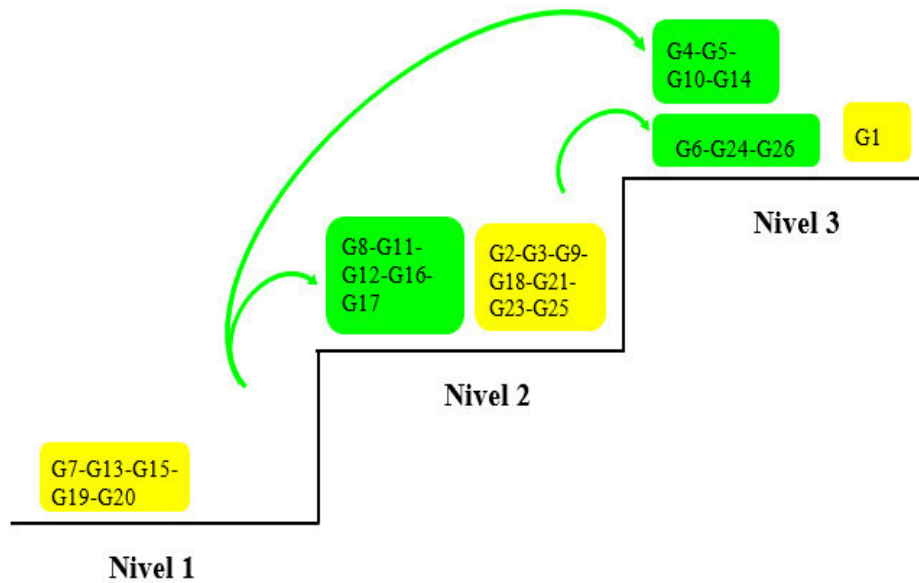


Figura 9. Progresión del conocimiento de cada grupo en la pregunta 3.

En la tabla 10 se ofrecen ejemplos concretos para cada uno de los niveles de respuestas.

Resultados y discusión

Tabla 10

Ejemplos de respuestas para cada nivel en la pregunta 3

Nivel	Ejemplos de respuestas (descriptores de baja inferencia)	Esquema realizado	Frecuencia (%)
3	<p>“Si acercamos la manzana, el tamaño de cómo lo vemos es mayor, ya que el ángulo de inclinación es mayor, en cambio si estuviese más lejos, se vería más pequeño, ya que el ángulo de inclinación es menor.” (G1)</p>		<p>8 (30,8)</p>
2	<p>“Seguimos viendo la manzana del mismo modo pero la imagen está aumentada y no la veremos entera como antes (...)” (G23)</p>		<p>13 (50)</p>
1	<p>“Si nos acercamos al objeto, la imagen se ve más grande debido a la propagación de los rayos. En la distancia más larga los rayos de luz de los extremos no se captan igual por lo tanto nos llega menos información del objeto” (G7)</p>		<p>5 (19,2)</p>

4.1.1.1.4. Progresión de ideas relativas a las características de la imagen en la retina

Pregunta 4. ¿Cómo es la imagen que se forma en nuestra retina respecto al objeto observado?

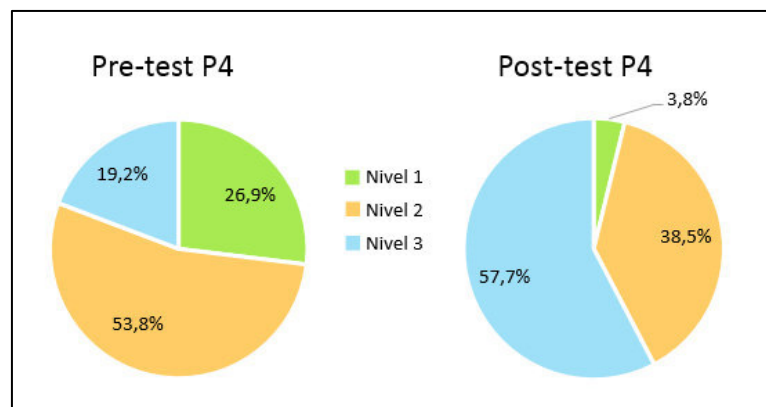


Figura 10. Resultados del pre-test y post-test en la pregunta 4.

Mientras que en la pregunta 2 se esperaba que los grupos hicieran explícito el “imagen projection scheme”, que diera lugar claramente a, al menos, una inversión arriba-abajo, en la pregunta 4 el propósito era verificar la concepción de dicho esquema cambiando la perspectiva del dibujo. Al solicitar a los grupos que piensen sobre qué aparecerá en la retina si se observa el objeto “de frente”, se intenta valorar si son o no conscientes del hecho de que la imagen guarda una relación de simetría central con el objeto (la inversión izquierda–derecha también es patente).

En la figura 10 se puede observar que, inicialmente, el 26,9% de los grupos se sitúa en el nivel 1, al no considerar ninguna inversión de la imagen con respecto al objeto observado. Más de la mitad de los grupos (53,8%) solo considera una de las dos inversiones de la imagen (nivel 2), con predominio de la inversión

Resultados y discusión

arriba-abajo (únicamente dos grupos indican la inversión izquierda-derecha). Y cerca de la quinta parte de los grupos (19,2%) indica que se produce una inversión de la imagen tanto de arriba-abajo como de derecha-izquierda (nivel 3). Una vez concluida la intervención docente, solo un grupo (3,8%) permanece en el nivel 1; el 38,5% alcanza el nivel 2, y el 57,7% el nivel 3. Es decir, más de la mitad de los grupos terminó la indagación comprendiendo que la imagen tiene dos inversiones con respecto al objetivo observado, tal y como corresponde a una simetría central.

Por tanto, se observa que catorce de los grupos manifiestan algún tipo de progresión en sus conocimientos (figura 11); pero tres grupos muestran un retroceso de un nivel con respecto al mostrado antes de la intervención docente. El resto de grupos (ocho) no presenta ningún cambio con respecto a su concepción inicial, permaneciendo un grupo en el nivel 1, cinco en el nivel 2 y dos en el nivel 3.

En la tabla 11 se ofrecen ejemplos de respuestas dadas por los grupos para cada nivel.

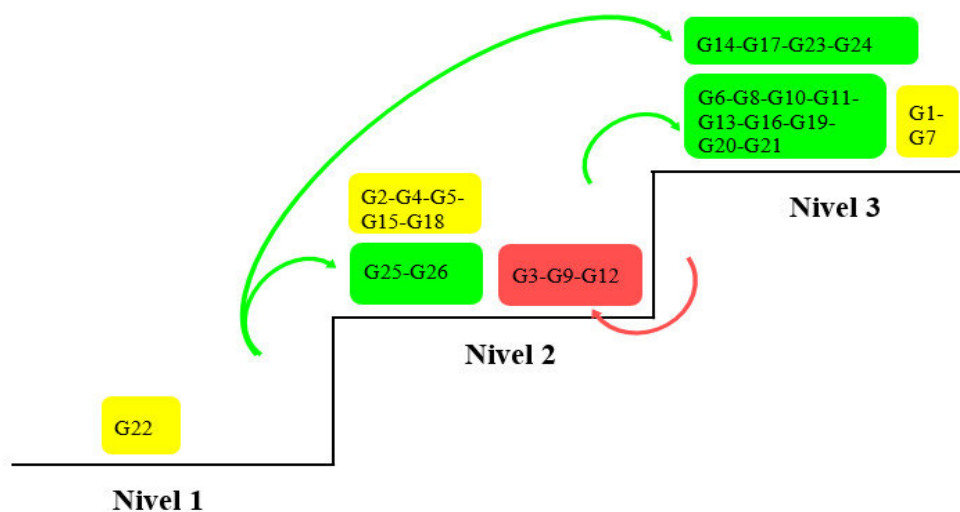
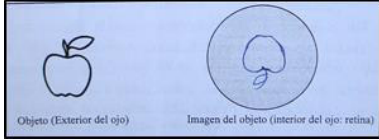
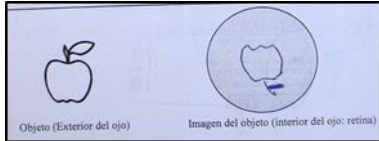
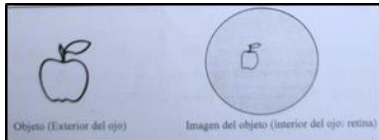


Figura 11. Progresión del conocimiento de cada grupo en la pregunta 4.

Tabla 11

Ejemplos de respuestas (esquemas realizados) para cada nivel en la pregunta 4 (post-test)

Nivel	Grupo	Esquema realizado	Frecuencia (%)
3	G12		15 (57,7%)
2	G2		10 (38,5)
1	G22		1 (3,8)

4.1.1.1.5. Progresión de ideas relativas a la función de la pupila

Pregunta 5. ¿Qué papel pensáis que tiene la pupila en la formación de imágenes en el ojo?

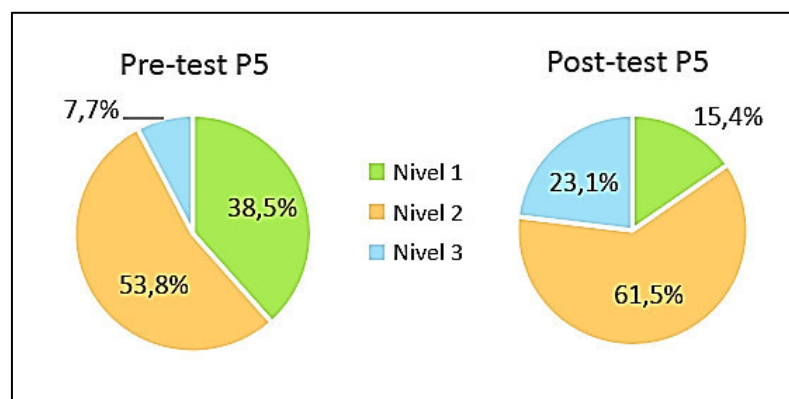


Figura 12. Resultados del pre-test y post-test en la pregunta 5.

Resultados y discusión

En la figura 12 se aprecia que, inicialmente, el 38,5% de los equipos se sitúan en el nivel 1, mientras que la mayoría (53,8%) lo hace en el nivel 2, coincidiendo en que la pupila regula la entrada de luz al interior del ojo y el 7,7 % en el nivel 3. Solo el 7,7% de los equipos hace referencia a la importancia de la luz captada por el ojo en la formación de la imagen en la retina. Tras la intervención docente, se puede observar que han aumentado el porcentaje de equipos en los niveles 2 y 3, encontrándonos con la mayor parte del FPP (61,5%) en el nivel 2 y con un 23,1% en el nivel superior.

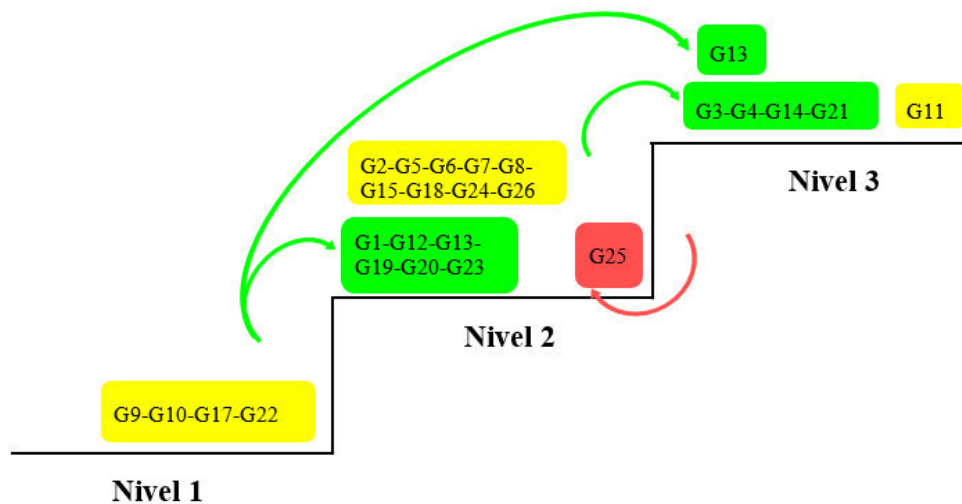


Figura 13. Progresión del conocimiento de cada grupo en la pregunta 5.

Por otra parte, en la figura 13 se observa que se da una progresión favorable en once de los veintiséis equipos; pasando seis de ellos del nivel 1 al 2, cuatro del nivel 2 al 3, y uno de los grupos del nivel 1 al 3. Se observa un retroceso en uno de los equipos. El resto de grupos no presenta ningún cambio respecto a sus conocimientos iniciales, permaneciendo un cuatro de ellos en el nivel 1, nueve en el nivel 2 y un grupo en el nivel 3. En la tabla 12 se muestran ejemplos de respuesta para esta pregunta.

Tabla 12
Ejemplos de respuestas para cada nivel en la pregunta 5

Nivel	Ejemplos de respuestas (descriptores de baja inferencia)	Frecuencia (%)
3	“Graduar la cantidad de luz que necesitamos para poder ver adecuadamente los objetos” (G13)	6 (23,1)
2	“La pupila gradúa la entrada de luz en el ojo.” (G15)	16 (61,5)
1	“Que se vea la manzana con más o menos nitidez” (G22)	4 (15,4)

4.1.1.1.6. Progresiones de ideas relativas a la importancia del tamaño de la pupila

Pregunta 6. ¿Pensáis que el tamaño de la pupila (con sus variaciones) influye en la formación de imágenes en nuestros ojos? Argumentad vuestra respuesta.

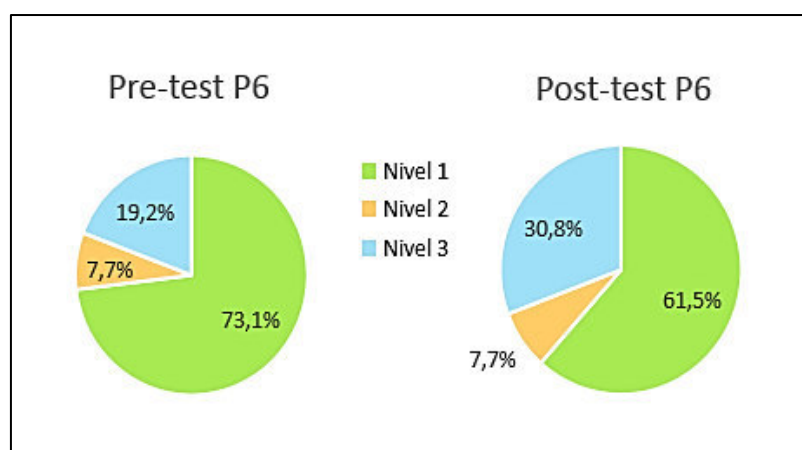


Figura 14. Resultados del pre-test y post-test en la pregunta 6.

Resultados y discusión

La figura 14 nos muestra que antes de la intervención docente el 73,1% del FPP se sitúa en el nivel 1, no mostrando sus respuestas ningún tipo de relación entre la imagen que se producen en la retina y el tamaño de la pupila. Tras la intervención hay una mejora en el conocimiento del FPP en este aspecto, pero es leve. Los equipos situados en el nivel 3 inicialmente representan el 19,2%, mientras que tras la intervención son el 30,8 de los equipos los que establecen una clara relación entre el tamaño de la pupila y la formación de una imagen en la retina del objeto observado que permita verlo adecuadamente.

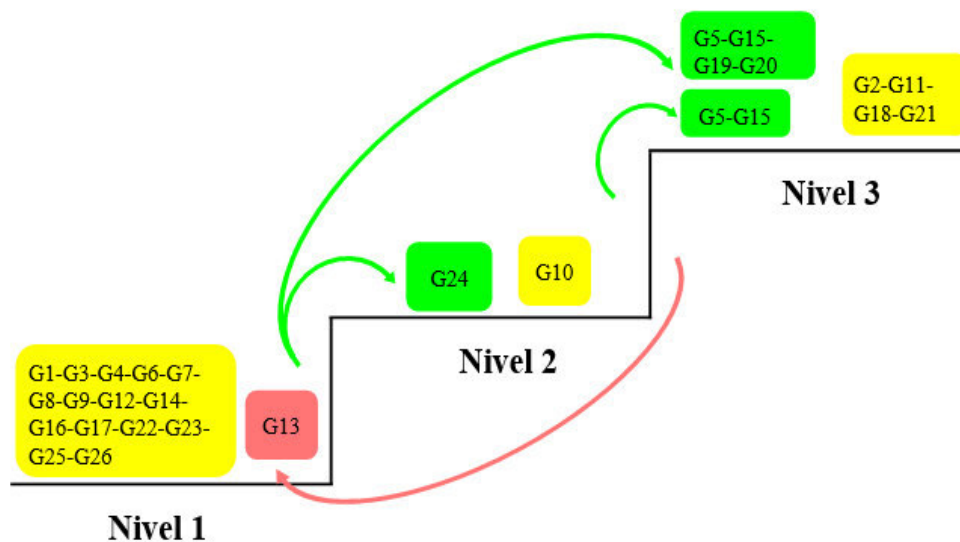


Figura 15. Progresión del conocimiento de cada grupo en la pregunta 6.

En la figura 15 puede verse la evolución de cada equipo. Así, veinte de los equipos permanece tras la intervención en el nivel inicial, estando ya cuatro grupos en el nivel deseable, en el que se establecía una relación directa entre el tamaño de la pupila y la adecuada formación de imágenes en la retina. Se da una evolución favorable en siete de los equipos, pasando un grupo del nivel 1 al 2, dos del nivel 2 al 3 y cuatro grupos del nivel 1 al 3. Se da un retroceso en uno

de los equipos, que desciende del nivel 3 al nivel 1. En la tabla 13 se muestran ejemplos de respuesta para cada nivel.

Tabla 13
Ejemplos de respuestas para cada nivel en la pregunta 6

Nivel	Ejemplos de respuestas (descriptores de baja inferencia)	Frecuencia (%)
3	“Sí, porque dependiendo de la dilatación o contracción de la pupila, vemos con mayor/menor claridad los objetos (una prueba de lo que acabamos de decir es cuando nos hacen la prueba de la visión.)” (G19)	8 (30,8)
2	“Sí, porque si no se dilata cuando hay poca luz no entra la luz suficiente para poder ver. En entornos demasiado iluminados con la pupila dilatada nos deslumbrarán las imágenes.” (G24)	2 (7,7)
1	“(…) lo único que cambia es la cantidad de luz que entra en el ojo. No influye en el color, tamaño, etc.” (G1)	16 (61,5)

4.1.1.2. Avances y dificultades de los futuros docentes durante el proceso de aprendizaje de los contenidos científicos.

A continuación realizamos una descripción de las actividades que se han realizado en el aula en las que han aparecido algunas dificultades para los FPP en relación a los contenidos sobre la formación de imágenes, así como la percepción de su aprendizaje en relación a ellos.

Durante la actividad A.4, una vez vista la cámara oscura y su funcionamiento, necesitábamos saber si nuestros alumnos sabían qué es una imagen, (en la actividad A.4), pues debían observar la imagen que se producirá en el interior de la cámara oscura y fijarse en algunas de sus propiedades. Cuando abrimos el debate acerca de lo que es una imagen surgieron muchas dudas que se fueron resolviendo con ayuda del contenido del cuaderno de indagación.

Por otra parte, cuando abordamos la formación de imágenes en el interior de la cámara oscura y su analogía con la visión en el ojo humano (A.7), con ayuda del cuaderno de indagación, aparecen muchas dudas relacionadas con la formación de la imagen y con que esta sea invertida. Se vuelve a incidir sobre ello y a explicar detenidamente de nuevo el esquema del cuaderno de indagación, pues ese esquema (figura 3 del cuaderno de indagación) ya lo habíamos visto en otra actividad anterior (A.5) y parecía haber quedado claro en ese momento. Además, se toma a un alumno como “objeto” al que pintamos un “punto” (el resultado es un conjunto de puntos pero lo simplificamos a uno para poder ejemplificar lo que queremos) rojo en su frente, punto que vemos desde diferentes zonas del aula, eso quiere decir que hay rayos “saliendo” de ese punto en diferentes direcciones, por eso se ve. Le damos la vuelta al alumno y todos dejan de ver el punto rojo, salvo yo. Ese

Resultados y discusión

punto sigue emitiendo luz (como fuente secundaria que es) pero esta no llega hasta los ojos de los FPP (no se curvan los rayos); por lo tanto, no se produce una imagen del mismo en sus retinas. Lo mismo ocurre con cada punto de su cuerpo. Lo colocamos delante de una pared blanca y comprobamos que no se proyecta ninguna imagen de él, nos preguntamos por qué y volvemos sobre el esquema del cuaderno de indagación y revisamos lo que aparece en él, incidiendo en los rayos que “salen” del punto superior e inferior de la figura para que se observen el porqué de esa inversión.

Tras la intervención el FPP considera haber adquirido conocimientos que no tenía acerca del proceso de la visión. Así, manifiestan conocer tras la AEx, cómo se forma una imagen en el ojo (G8, G16, G15, G18, G26, G9), por qué se forman las imágenes invertidas en la retina, por qué vemos los objetos más pequeños cuando se alejan y cómo funciona una cámara oscura (G3, G24, G15, G18, G26, G1, G17, G23). Como ejemplos mostramos citamos algunos de los comentarios del alumnado en sus CI: “Conocer cómo se forma una imagen dentro del ojo y el funcionamiento del dispositivo (cámara oscura)”, “cómo se forma una imagen dentro del ojo”, “por qué se ve la imagen invertida, por qué cambia el tamaño de la imagen al alejarse el objeto, cómo influye la cantidad de luz en la formación de imágenes (por la pupila)” (G3, G9 y G8), “Por un lado, nosotros mismos hemos aprendido información sobre la formación de imágenes, sobre la cámara oscura... (...)” (G24). “Hemos aprendido que la imagen se ve invertida en el ojo, el funcionamiento de la cámara es igual que la del ojo (...)” (G16).

4.1.2. Resultados correspondientes al subproblema 2: conocimientos didácticos logrados por los FPP con vistas a su formación como profesores de ciencia.

4.1.2.1. Descripción del proceso de construcción de los conocimientos didácticos durante el proceso educativo.

En este punto hacemos diversos comentarios a las actividades descritas anteriormente, a fin de que el lector pueda tener una visión de lo acontecido durante la intervención docente. No profundizamos en las actividades que se han desarrollado según lo esperado, (A.2, A.4, A.5, A.6) pues lo que nos interesa es destacar aquellas cuestiones que nos han parecido más relevantes, con vistas a complementarlas con aquellos aspectos que hemos recogido del cuaderno de indagación del FPP y de los aspectos extraídos de las entrevistas, que nos han ayudado a extraer resultados encaminados a valorar el impacto de la propuesta en su rol de futuros docentes.

Durante la primera actividad (A.1) encaminada a conocer las ideas de nuestro FPP nos encontramos fundamentalmente con dos dificultades, uno de ellos referido al tiempo que habíamos previsto para la realización de la prueba, que había sido de 1 hora. Finalmente les llevó media hora más finalizarlo. La segunda, como se constató también en el análisis de las entrevistas, fueron las dudas surgidas en algunas preguntas, como por ejemplo la referida a la formulación de preguntas investigables ya que algunos equipos no recordaban las características de las mismas. Durante el desarrollo de esta actividad se fueron resolviendo las dudas que surgieron sobre el mismo, siempre y cuando no fueran directamente relacionadas con la respuesta, para no influenciar en ellas.

Resultados y discusión

La siguiente actividad que merece la pena describir es la que hace alusión a la presentación de la cámara oscura (A.3). Al preguntarles a los discentes por el conocimiento del artefacto en cuestión, todos negaron conocerla por lo que se hacía necesario continuar con las actividades previstas y explicarles su funcionamiento y uso, tal y como queda descrito en el cuaderno de indagación. Se muestran al FPP dos cámaras con las que trabajarán y se explican sobre ellas la información que aparece en su cuaderno de indagación. Algunos alumnos y yo misma introducimos la cabeza en la cámara para mostrar cómo utilizarla. Mostramos sus partes y desmontamos una de ellas para mostrar la pantalla que existe en su interior y sobre la que se proyectará la imagen del objeto que estemos “viendo”.

Durante el desarrollo de la intervención, ya en la actividad A.8 les hacemos partícipes de que el problema inicialmente planteado (*“¿Cómo podríamos modificar las características de la imagen proyectada en la cámara oscura?”*) es muy amplio. Las características apreciables en esta cámara oscura son el tamaño, la iluminación y la nitidez. Y hay variables como el tamaño del diafragma, que pueden alterar a la vez dos características de la imagen (tanto la nitidez como la iluminación e hipotéticamente, el tamaño de la imagen. Entonces se les plantea, para la investigación escolar, acotarlo en un problema más específico centrado en una de las características, el tamaño de la imagen. Se deja opcional la realización del segundo problema previsto para el FPP interesado en trabajar con él. De esta forma se atiende a las posibles diferencias en el ritmo e intereses del FPP.

Siendo un paso necesario para plantear una indagación en el aula la formulación de preguntas investigables se insta a los estudiantes a que las formulen y se realiza una puesta en común (Actividad A.9). Se encuentra que

algunos de los problemas investigables coinciden con los que tenemos previstos investigar en el aula. Definitivamente, el problema que se plantea en el aula es el siguiente: Un cambio en la distancia de la cámara al objeto ¿alterará el tamaño de la imagen proyectada en el interior de la cámara oscura?

Hasta el momento lo acontecido en el aula ha servido para situar al FPP en la indagación prevista. En este momento comienzan a dar respuesta al problema elegido planteando en la primera fase de su investigación las hipótesis al mismo (A.10). El FPP ha de formular las hipótesis que considere al problema planteado y realizar un esquema donde se aprecie la fundamentación de la misma que puede estar basada en sus conocimientos escolares, o en su propia experiencia con algún dispositivo. Se realiza una pequeña puesta en común y se recuerda qué debe tener la hipótesis para ser considerada como tal y que aparecen en el cuaderno de indagación (anexo 2). El planteamiento de hipótesis plantea algunas dificultades, ya que, pese a las orientaciones, son muy pocos los equipos que fundamentan sus hipótesis en conocimientos previos o en su experiencia personal: “Sí, de manera que cuanto más lejos se encuentre el objeto más pequeño se ve. Esto ocurre igual que en las cámaras fotográficas, cuanto más lejos nos colocamos de la cámara, más lejos salimos” (Cuaderno de indagación del G15).

Antes de comenzar la comprobación experimental, que tuvieron que diseñar en la A.11, se les pidió que diseñaran una tabla (A.12) en la que pudieran recoger los datos necesarios para obtener los resultados que necesitaban para confirmar o no sus hipótesis. No se le dan instrucciones acerca de cómo debe ser la tabla, algunos alumnos hacen referencia a la tabla utilizada en otras actividades realizadas en el aula con otra docente. Teníamos preparada una

Resultados y discusión

tabla por si algún grupo necesitaba apoyo pero ningún grupo demandó este tipo de ayuda.

Durante la comprobación experimental de la hipótesis de trabajo (A.14) se recuerda a los FPP que usen la tabla para anotar los datos que estimaran necesarios según el diseño experimental realizado. Comprobamos que algunos de los grupos no habían elaborado la tabla solicitada para la toma de datos y la iban haciendo sobre la marcha. Otros toman datos sin usar tabla alguna. Entre las dificultades de los alumnos en la toma de datos encontramos, la identificación de las variables como ellos mismos reconocen (“hemos tenido dificultad a la hora de realizar la tabla porque no sabíamos cuáles eran nuestras variables” (Cuaderno de indagación del G22)

Durante el desarrollo de la experiencia, vimos que existía una tendencia del FPP a colocar su cabeza mirando hacia el lado opuesto al correcto, es decir, hacia el punto de entrada de luz en la cámara (diafragma). Entre los comentarios con relación a esta cuestión: “¿Ella tiene que estar detrás mía?” (Diario profesora del G22), “¿Cómo nos vamos a poner detrás?” (Diario profesora del G15). Surgen discusiones, en algunos de los grupos que no llegan a comprender por qué han de mirar los que están con la cabeza dentro de la cámara hacia el lado opuesto donde se sitúa el objeto. Van realizando pruebas, pues surgen hipótesis en relación con la colocación de los compañeros y van probando hasta conseguir su objetivo (“¡Ponme esto que veo cosas!”, diario de la profesora del G22)

Por otra parte, el planteamiento de nuevos interrogantes, no ha sido un hecho aislado. Muchos equipos durante el trabajo de campo fueron planteándose nuevos retos: “¿Y si ahora hacemos el pino?, nos fueron surgiendo más cosas

que hacer” (Entrevista a G26). Se plantean incluso que si la cámara fuera blanca no verían nada “si el cartón fuese blanco no se vería la imagen, necesitaría un ambiente oscuro” (Diario de la profesora del G2).

Terminado su trabajo de campo, se siguió con las actividades previstas encaminadas a continuar con su indagación, y entre las que se iban intercalando las actividades de metacognición ya descritas (De A.15 a A.23)

Lo primero que debía hacer el FPP era ver qué resultados habían obtenido, en este punto muchos de los equipos empezaron a darse cuenta que había datos que no habían tomado adecuadamente ya que en muchos casos no habían medido la distancia a la que se situaba el objeto respecto a la cámara (“no pudimos medir la distancia del objeto a la cámara para saber exactamente a cuanta distancia estaba (cuaderno de indagación del G11)). En este sentido otros grupos aluden a la falta de exactitud en la medida de los datos como dificultad para formular resultados (“la dificultad que hemos tenido ha sido la inexactitud de los datos (cuaderno de indagación del G15). Otra situación que ha aparecido en la documentación revisada es un resultado que no corresponde al problema planteado (“La imagen se ve invertida y un poco borrosa, se distinguen algunos colores y aparecen muchas sombras (cuaderno de indagación del G25) o bien no se dan resultados por no saber analizar los datos o ser los datos no interpretables (“al analizar los datos en nuestra tabla, nos dimos cuenta de que daban lugar a confusión” (cuaderno de indagación del G13). Al mostrar los problemas surgidos durante la toma de datos (A.15), el FPP alude a los problemas encontrados durante la comprobación experimental de sus hipótesis, a los momentos en los que estaban colocando mal la cámara con respecto al objeto observado (“(...) no sabíamos cómo tenía que incidir la luz en la cámara, por ello no sabíamos cómo colocárnosla en la cabeza para recibir la

Resultados y discusión

luz, probamos posiciones hasta dar con la correcta (cuaderno de indagación del G3)) u observar un objeto situado en una zona de sombra mientras que la cámara era la que permanecía al sol (“Al principio nos colocamos con la cámara en el sol (cuaderno de indagación del G1). Añaden problemas derivados de la entrada de luz en la cámara que imposibilitaba visualizar adecuadamente la imagen en la pantalla (“Entraba mucha luz dentro y era complicado ver algo”, “Tuvimos dificultad cuando miramos dentro de la cámara porque entraban rayos de sol” (Cuadernos de indagación del G20 y G3))

Otra de las actividades que tenía que realizar el FPP se centraba en la elaboración de conclusiones (A.22) y en este punto, pese a las directrices dadas en el aula, han tenido dificultades pues la mayoría de los equipos han presentaron las conclusiones como resultados. Una de las actividades realizadas en clase, la puesta en común de las conclusiones (A.24), nos permitió percatarnos de esta situación, por lo que durante la sesión se dieron recomendaciones y se pusieron ejemplos, lo que permitió a la mayoría de los grupos reformular sus conclusiones para que se adecuaran a lo solicitado (“al principio la hemos elaborado poniendo lo mismo que en los resultados. Lo hemos resuelto relacionándolo con el problema principal” (cuaderno de indagación del G26)

En cuanto a lo aprendido por los FPP durante la propuesta realizada, en relación a su formación como maestros, el alumnado refleja que haber vivido la experiencia en primera persona ha sido positivo. Así lo muestran tanto en los cuadernos de indagación, como en las entrevistas realizadas y lo percibido por la docente durante las sesiones de clase. Como ejemplo: “Puede resultar bien, los niños se motivan y (...) les puede gustar, motivar y aprender sobre la investigación. Nosotros hemos aprendido de la experiencia con todo lo que

hemos hecho, del punto de vista de uno y de otro y creemos que los niños pueden aprender” (Entrevista al G24).

Los FPP destacan, en sus cuadernos de indagación, haber conocido una forma diferente de enseñar ciencia, de manera lúdica y alejada de un modelo tradicional y la importancia de enseñar indagando (G12, G13, G15, G21, G24, G19, G7, G6, G10). Como ejemplo, “hemos aprendido que los alumnos pueden aprender mejor de forma lúdica y que, por tanto, las actividades prácticas pueden dar mejores resultados que la forma tradicional” (G13), “(...) por otro lado, hemos descubierto una manera de enseñar estos contenidos al alumnado de manera estimulante, práctica y participativa” (G24), “una actividad a realizar con nuestros alumnos y que además le podemos sacar mucho partido porque podemos trabajar diferentes contenidos partiendo de una sola actividad”(G6). Destacan, además, que han utilizado un recurso que ellos mismos pueden construir (G15), así como la importancia de realizar puestas en común (G6, G15, G19) que les permiten mejorar su formación (“por otro lado en la puesta en común hemos aprendido a corregir nuestros errores respecto a las conclusiones” (G6))

4.1.2.2. Conocimientos didácticos alcanzados por los futuros docentes tras la experiencia educativa.


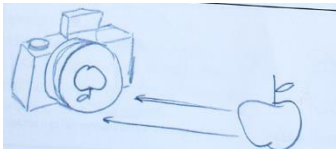
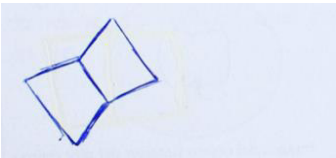
Pregunta 7. ¿Qué dispositivo construiríais para explicar cómo se forman las imágenes en el interior del ojo? Describidlo y haced un dibujo explicativo.

Como puede apreciarse en los resultados de la tabla 14, tras la intervención, 19 grupos, han sido capaces de proponer un dispositivo con el que sea posible modelizar cómo se produce la formación de imágenes en nuestro ojo, algo que resulta difícil de comprender sin un modelo. Ha habido 4 equipos que, aun planteando un dispositivo útil, no han sido capaces de realizar una descripción del mismo que nos vislumbrara la utilidad del recurso para ellos en el sentido que buscábamos.

El dispositivo diseñado por la mayoría del FPP coincide con la cámara oscura utilizada en la intervención, como era de esperar. Por una parte, por el desconocimiento previo del FPP sobre óptica y por otra parte, por la dificultad de construir modelos, más aun cuando no se tienen ideas sobre los contenidos a explicitar a través de ellos. No obstante, aunque este diseño está claramente influenciado por el recurso utilizado en el aula, pensamos que, como futuros docentes, ahora tienen una herramienta para enseñar cómo se producen las imágenes en la retina y cuáles son algunas de sus características, que antes no tenían. En la tabla 14 se muestran ejemplos de respuestas del alumnado para cada nivel, así como la frecuencia y porcentaje de equipos por nivel.

Tabla 14

Ejemplos de respuestas para cada nivel en la pregunta 7

Nivel	Ejemplos de respuestas (descriptores de baja inferencia)	Esquema realizado	Frecuencia (%)
3	<p>“Una cámara oscura: es un cilindro cerrado por todas sus partes menos por un orificio en el que se introduce la cabeza y también tiene otro orificio pequeño por el que entra la luz y permite que se puedan ver las imágenes en un papel que está colocado en una de las bases del cilindro, contraria al orificio donde se introduce la cabeza.” (G16)</p>		<p>19 (73,1)</p>
2	<p>“Con cualquier cámara de fotos.” (G19)</p>		<p>4 (15,4)</p>
1	<p>“Realizaría artilugio compuesto por dos espejos. Los niños al reflejarse en estos verán el mismo efecto que se produce en el ojo.” (G11)</p>		<p>3 (11,5)</p>

Pregunta 8. ¿Qué analogías o similitudes encontráis entre las partes de ese dispositivo y las partes del ojo?

Siendo capaces, como se ha dicho, de diseñar un dispositivo útil para el objetivo marcado en la pregunta anterior, queríamos saber si realmente eran capaces de establecer las analogías entre nuestro ojo y la cámara oscura, en este caso. La revisión realizada de sus respuestas (tabla 15) nos muestra que más de un tercio de los grupos identifica correctamente todas las analogías existentes entre la cámara oscura y el ojo humano. Por otra parte tenemos 5 grupos que no detectan todas las similitudes que podían establecerse. En la tabla 15 se reproducen ejemplos de respuestas dadas por los FPP para cada nivel, así como la frecuencia y porcentaje de equipos por nivel.

Tabla 15
Ejemplos de respuestas para cada nivel en la pregunta 8

Nivel	Ejemplos de respuestas (descriptores de baja inferencia)	Frecuencia (%)
3	“Diafragma: pupila / Papel en el que se proyecta la imagen: retina / Caja oscura: ojo” (G20)	10 (38,5)
2	“La imagen proveniente del exterior se ve invertida dentro de la cámara oscura al igual que en el ojo. Conforme más cerca o lejos se encuentre el objeto observado más grande o más pequeña se verá en la cámara respectivamente. El orificio por el que entra luz hace la función similar a la de la pupila.” (G16)	5 (19,2)
1	““Que la imagen se ve invertida, que cuando el objeto se aleja se ve más pequeño y cuando se acerca más grande. También que se ve la imagen en color.” (G8)	11 (42,3)

Pregunta 9. ¿Qué utilidad didáctica pensáis que pueden tener dispositivos como el que habéis descrito en el estudio de la visión? Argumentad la respuesta.

Como se aprecia en la tabla 16, la mayoría de los equipos (20) se sitúan en el nivel 2, presentando el FPP dificultad en la justificación. La situación de la mayoría del FPP en este nivel, conociendo las dificultades que presentan puede considerarse dentro de lo esperado para un FPP en formación. En la tabla 16 se muestran ejemplos de respuesta para cada nivel, así como la frecuencia y porcentaje de equipos por nivel.

Tabla 16

Ejemplos de respuestas para cada nivel en la pregunta 9

Nivel	Ejemplos de respuestas (descriptorios de baja inferencia)	Frecuencia (%)
3	“Pensamos que a la hora de tener que explicar contenidos a los alumnos relacionados con el ojo y su funcionamiento, hacer experimentos con una cámara oscura les puede resultar más divertido y motivante que si nos limitamos a utilizar únicamente la teoría. Además a través de la práctica pensamos que aprenderán mejor.” (G10)	2 (7,7)
2	“Puede usarse para explicar el funcionamiento del ojo, cómo inciden los rayos, por qué vemos los objetos, puesto que muestra similitudes.” (G18)	20 (76,9)
1	“En primer lugar este dispositivo nos servirá en clase para que los alumnos entiendan a partir de su propia experiencia el proceso que sigue el ojo a la hora de invertir a imagen. Y por supuesto, cómo queda la imagen invertida ya que si lo explicamos a través del ojo pueden que no lo entienda, ya que es una explicación muy abstracta, pero si se lo explicamos a través de nuestro dispositivo será más entendible.” (G11)	4 (15,4)

Pregunta 10. ¿Qué interés pueden tener los temas relacionados con la visión (cámaras y otros dispositivos ópticos, enfermedades oculares, problemáticas sociales asociadas con defectos visuales...) en la educación científica básica del FPP de Primaria? Argumentad vuestra respuesta intentando hacer referencia a los distintos aspectos indicados en el

Las respuestas a esta pregunta quedan englobadas mayoritariamente (16 grupos) en el nivel 2, vislumbrándose en sus respuestas solo referencias a la alfabetización científica básica. Solo una pequeña parte de los grupos (4) añadieron a sus respuestas la aplicación del contenido científico. En la tabla 17 pueden verse ejemplos de respuestas de los grupos para cada nivel, así como la frecuencia y porcentaje de equipos por nivel.

Tabla 17

Ejemplos de respuestas para cada nivel en la pregunta 10

Nivel	Ejemplos de respuestas (descriptores de baja inferencia)	Frecuencia (%)
3	“Las cámaras y los dispositivos ópticos son del interés del alumno porque pueden ver el sistema visual. Las enfermedades oculares sirven para concienciar a los alumnos sobre la importancia de cuidar nuestra visión. Y los defectos visuales para que no se metan con los alumnos con gafas.” (E13)	4 (15,4)
2	“El tema de la visión es muy importante trabajarlo en el aula porque el ojo es parte de su cuerpo y está en la edad de saber su importancia, para poder cuidar su vista.” (E22)	16 (65,4)
1	“Interés por las dificultades visuales, las cámaras de fotos.” (E3)	5 (19,2)

Pregunta 11. Ya habéis realizado algunas indagaciones científicas en vuestra formación para maestros. En base a ello, ¿qué problemas investigables podríamos hacer en un aula de Primaria que tuviera como soporte didáctico el dispositivo que habéis descrito en la pregunta 7?

La mayoría de los equipos (22) son capaces de plantear preguntas investigables, en relación con el dispositivo diseñado, tal y como puede verse en la tabla 18, así como la frecuencia y porcentaje de equipos por nivel.

Tabla 18

Ejemplos de respuestas para cada nivel en la pregunta 11

Nive	Ejemplos de respuestas (descriptores de baja inferencia)	Frecuencia (%)
3	“¿Qué ocurriría con la imagen si la cámara tiene más de un agujero?, ¿Qué ocurriría con la imagen si la pantalla no fuera blanca?, ¿Qué ocurriría con la imagen si la pantalla no fuera plana?” (G15)	18 (69,2)
2	“Diferencias entre visión en los perros y animales, ¿por qué se invierte la imagen al llegar al ojo?, ¿cómo afecta la iluminación a la visión de personas?, ¿si se invierte la imagen cómo explicamos que no veamos invertido?” (G6)	4 (15,4)
1	“Formación de la imagen en el ojo. Diferencias entre lo que ve nuestro ojo y lo que ve una cámara. Qué ocurre en nuestra visión cuando tenemos una enfermedad o problemas en el ojo.” (G11)	4 (15,4)

Pregunta 12. Elegid uno de los problemas anteriores e indicad cuáles serían los pasos que seguiríais para realizar esa indagación científica en un aula de Primaria. Describid lo que habría que hacer en cada uno de esos pasos, y el propósito para el que se hace.

En cuanto a la identificación de las fases de una indagación escolar, 8 de los veintiséis equipos son capaces de nombrar las principales fases y en la secuencia lógica en el que deberían realizarse. Tenemos 11 equipos que solo mencionan algunas de las fases o no exponen correctamente la secuencia a seguir. En la tabla 19 pueden verse ejemplos de respuesta por niveles, así como la frecuencia y porcentaje de equipos en cada nivel.

Tabla 19
Ejemplos de respuestas para cada nivel en la pregunta 12

Nivel	Ejemplos de respuestas (descriptores de baja inferencia)	Frecuencia (%)
3	“1. Planteamiento del problema (...). 2. planteamiento de hipótesis (...). 3. Investigación escolar: se lleva a cabo la investigación y práctica con la cámara oscura. Resultados (...) y comparación con hipótesis. Conclusiones (...). Puesta en común (...)” (G6)	8 (30,8)
2	“Para comprobar si la distancia influye en el tamaño de la imagen, los alumnos primero deberán hacer sus hipótesis, apoyándose en esquemas o dibujos y comprobarlo de forma práctica posteriormente para lo que se deben organizar en grupos para ver quién será el observador dentro de la cámara (...). La persona exterior se deberá poner a diferentes distancias y comparar el tamaño de las distintas imágenes proyectadas en ella. Una vez recogido los datos, se aceptaría o refutaría la hipótesis.” (G26)	11 (42,3)
1	“(…) que busquen las partes del ojo (...) deben ver por el tubo y realizar una relación entre las partes del tubo y el ojo. Después de esto deben indagar y decir que parte del ojo no se encuentra en el tubo para poder apreciar la imagen completa.” (G13)	7 (26,9)

Pregunta 13. ¿Qué esperáis que aprendan los alumnos de Primaria en los que estáis pensando con la indagación que proponéis? Tratad de detallarlo mediante la formulación de objetivos de aprendizaje.

Todos los grupos son capaces de mencionar algún tipo objetivo o contenido asociado de carácter conceptual, la mayoría de los grupos se sitúan en el nivel 2, al que se añaden referencias más a contenidos procedimentales que actitudinales, son pocos los equipos que hacen referencias a objetivos de

Resultados y discusión

carácter actitudinal. En la tabla 20 se muestran ejemplos de respuestas para cada nivel junto con la frecuencia y porcentajes de equipos situados en cada nivel.

Tabla 20

Ejemplos de respuestas para cada nivel en la pregunta 13

Nivel	Ejemplos de respuestas (descriptores de baja inferencia)	Frecuencia (%)
3	“Comprender la formación de imágenes en el interior del ojo. Fomentar la motivación para que emprendan otras investigaciones. Comparar el estudio de distintas variables.” (E26)	5 (19,2)
2	“A aprender a utilizar nuevas herramientas para la investigación y en casos concretos, que sepan manejar una cámara oscura.” (E10)	18 (69,2)
1	“Como realmente se proyecta la imagen en nuestro ojo antes de que la información pase al cerebro.” (E5)	3 (11,5)

4.2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.2.1. Discusión de los resultados SP1: ¿Qué aprende el futuro profesorado sobre fenómenos relacionados con la visión, mediante una secuencia indagativa, utilizando la cámara oscura como recurso?

Los resultados obtenidos de las seis primeras preguntas del cuestionario (Muñoz-Franco, Criado & García-Carmona, en prensa) permiten decir que, globalmente, se produce una progresión hacia el nivel deseable en casi la mitad de los grupos; excepto en la pregunta 1, relativa a cómo es posible ver los objetos, donde más de la mitad de los grupos ya estaba inicialmente en el nivel 3 (máximo). Es decir, se infiere de las respuestas de estos grupos la adecuada identificación de los elementos implicados en la interpretación del proceso de la visión y de sus relaciones, que suele suponer mayor dificultad (Galili & Hazan, 2000). Además se ha identificado una evolución favorable de la comprensión del mecanismo de formación de imágenes en la retina.

Pese a que la progresión de los grupos, en general, fue positiva, es preciso comentar la evolución negativa, o retroceso, mostrada por tres de los grupos en la pregunta 4. Se trata de la pregunta más exigente del cuestionario, pues se había considerado como nivel deseable aquel que contemplase tanto la inversión arriba-abajo como la inversión derecha-izquierda, correspondientes a una relación de simetría central de la imagen con respecto al objeto. Pero, sin duda, resultó sorprendente que dichos grupos, que en el pre-test se situaron en el nivel deseable (nivel 3), bajasen al nivel 2 en el post-test. Esto es, terminaron la indagación asumiendo que la imagen de la manzana que se forma en la retina solo aparece invertida en la dirección arriba-abajo respecto de la manzana (objeto), descartando la inversión derecha-izquierda que

también habían considerado en su esquema inicial. Este retroceso puede tener su origen en el planteamiento del trabajo de campo que se realizó y que, quizás, no permitió a los miembros de dichos grupos fijarse más detenidamente en la inversión producida en la imagen proyectada en el interior de la cámara oscura. No obstante, desde el punto de vista del conocimiento científico manejado, es una regresión que podemos considerar leve, dado que mantuvieron, al menos, la idea de la inversión más patente en la formación de imágenes: la inversión arriba-abajo. En este sentido, es reseñable, que en el post-test solo quedó un grupo que no contempló algún tipo de inversión en la imagen de la manzana.

Además, el análisis de los datos ha permitido constatar la concepción holística (*“nos llega [la imagen] de forma invertida”*; G4) a la que hacen referencia otros autores (Feher & Rice, 1987; Hierrezuelo & Montero, 1995; Viennot & Kaminski, 2006), y que permanece, en algunos casos, tras la intervención educativa llevada a cabo. A esta cuestión hemos de añadir que algunos grupos muestran la idea de que *para ver los objetos basta con mirar hacia ellos*, (ignorando el papel de los rayos luminosos), como puede verse en el ejemplo dado en la pregunta 1 del grupo G17.

Otro aspecto identificado en las respuestas de los grupos, coincidente con los resultados de estudios anteriores (Meyer & Woodruff, 1997; Rice & Feher, 1987), es la representación de rayos de luz como líneas curvas o como líneas que se quiebran, con el fin de obtener el dibujo deseado por los FPP. Esto se puede ver en el ejemplo de respuesta del G7, dado en la pregunta 2 y en la entrevista realizada a los equipos en la que han manifestado que el trazado realizado *“iba hacia la imagen”* (Entrevista a G26). Se constata, por tanto, una gran dificultad en la explicitación de sus ideas, sobre todo en la elaboración de

esquemas representativos sobre fenómenos ópticos, como se expone en la literatura.

Lo anterior es fácilmente identificable en la pregunta 3, donde la mayoría de los grupos sabe (así lo habían escrito en sus respuestas) que si acercamos la manzana a nuestro ojo la veremos de mayor tamaño (algo confirmado por su experiencia cotidiana). Sin embargo, al explicitar esa misma idea en el esquema solicitado, no saben cómo explicar el porqué, y para forzar que su esquema sea coherente con lo que ellos conocen por experiencia, curvan o quiebran los rayos, tal y como se ha comentado.

Estas ideas aparecidas en los FPP participantes en este estudio son coincidentes con las ideas sobre el tópico que se observan en las etapas escolares precedentes (Anderson & Kärrqvist, 1983; Driver et al., 1985; Osborne & Freyberg, 1995; Pesa, Cudmani & Bravo, 1996), lo que confirma la persistencia de las mismas hasta la edad adulta (Heywood, 2005).

En cuanto a la función de la pupila en nuestro ojo hemos de decir que prácticamente la mitad del FPP evoluciona favorablemente, encontrándonos que más del 60% del FPP reconoce que la pupila regula la entrada de luz en nuestro ojo, queremos destacar que gran parte del FPP que hace referencia a la importancia de esa cantidad de luz para una “adecuada” formación de la imagen han hecho en algún momento de la intervención a su experiencia cotidiana, haciendo alusiones a sus visitas al oftalmólogo en las que se les dilataba la pupila y eran incapaces de ver adecuadamente (G19). Para profundizar en la importancia del diámetro de nuestra pupila en la formación de imágenes se incorporó al cuestionario la pregunta 6, pero ha habido muy poca evolución, la mayoría de los equipos permanece en el nivel porque sus

Resultados y discusión

respuestas aluden principalmente a las variaciones propias de nuestra pupila, aunque ha habido una progresión en las ideas del FPP, consideramos que la pregunta debería haber estado formulada más claramente, incorporando por ejemplo referencias al tamaño de las pupilas en otros animales o incluir un dibujo de un ojo con pupilas excesivamente grandes en condiciones en la que la pupila de nuestro ojo tendría un menor diámetro. De nuevo en esta pregunta las alusiones a sus experiencias cotidianas han influido positivamente en una respuesta favorable en una parte de los equipos.

4.2.2. Discusión de los resultados SP2: ¿Qué aprende el futuro profesorado con la cámara oscura para enseñar sobre fenómenos relacionados con la visión desde un enfoque indagativo?

El alumnado, tras la realización de la actividad, es unánime en decir que llevarían esta actividad con la cámara oscura a Primaria ya que han visto cómo se hace y han sido guiados en el proceso (Echave et al., 2011, De las Heras y Jiménez, 2011; Pro & Rodríguez, 2010), lo cual les ha proporcionado cierta seguridad ante este tipo de AEx.

Por otra parte, el alumnado, al vivir en primera persona la experiencia, no solo se siente más seguro, evitando así la resistencia que este tipo de metodología suele suscitar entre los docentes (Cañal et al., 2011; Kim & Tan, 2011), sino que han reconocido su potencial didáctico y han aprendido que se puede enseñar ciencia de otra manera, tal y como se refleja en los trabajos de Criado y García-Carmona (2011b) y Varma et al. (2009). Esto sintoniza con lo sugerido en otros estudios (García-Carmona et al., 2017; Newman et al., 2004; Varma et al., 2009), que destacan la necesidad de que la formación de los FPP en el aprendizaje por indagación debe venir dada por que estos experimenten primero como estudiantes de ciencia con dicho enfoque. En efecto, si deseamos que los FPP impulsen en sus clases de ciencia de Primaria estrategias educativas coherentes con el aprendizaje por indagación, es necesario procurar que en su formación inicial experimenten, sientan y conozcan las ventajas y dificultades de una propuesta de este enfoque educativo para aprender ciencia.

Además, la mayor parte de los FPP han sido capaces de plantear preguntas investigables, algo que suele presentar dificultades (Criado, Cruz-Guzmán &

Resultados y discusión

García-Carmona (2016); Cruz-Guzmán, García-Carmona & Criado 2017) y que son imprescindibles para que como futuros docentes puedan presentar a su alumnado una indagación escolar. Estas preguntas investigables, también han surgido durante la comprobación experimental de sus hipótesis, siendo la AEx capaz de generar nuevos interrogantes en el alumnado (Irgitta, 2007).

Además se observa que los FPP tienden a una presentación de contenidos de manera tradicional, reproduciendo lo vivido en su etapa escolar (García-Carmona et al., 2018).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, LIMITACIONES PERSPECTIVAS Y PROPUESTAS DE MEJORA

5.1. CONCLUSIONES

A continuación, presentamos las conclusiones a las que hemos llegado tras el estudio realizado. Se presentan en relación con los problemas abordados.

5.1.1. Conclusiones del SP1: ¿Qué aprende el futuro profesorado sobre fenómenos relacionados con la visión, mediante una secuencia indagativa, utilizando la cámara oscura como recurso?

De acuerdo con los resultados globales del presente estudio, se puede concluir que:

La utilización de la cámara oscura en el contexto de una indagación, constituye un recurso educativo bastante efectivo para que los FPP, con conocimientos previos sobre óptica generalmente bajos, modifiquen y mejoren sus ideas con respecto al fenómeno de la formación de imágenes. Basamos esta afirmación en el hecho de que el recurso, implementado mediante una indagación, favorece la identificación de los elementos implicados en el fenómeno de la visión, y también la relación existente entre ellos, que suele entrañar mayor dificultad (Galili & Hazan, 2000).

Además, ayuda a comprender cómo llega a producirse una imagen en nuestra retina, y cuáles son sus principales características en relación con el objeto observado. Los FPP han podido observar, por ellos mismos y usando solo un sencillo artefacto de cartón, cómo las imágenes que aparecen en la pantalla de sus cámaras oscuras están invertidas, siendo la inversión en la dirección arriba-abajo la que más fácilmente se observa.

5.1.2. Conclusiones del SP2: ¿Qué aprende el futuro profesorado con la cámara oscura para enseñar sobre fenómenos relacionados con la visión desde un enfoque indagativo?

En sintonía con los resultados del estudio, podemos decir que la indagación diseñada utilizando la cámara oscura como recurso ha sido útil para el FPP en formación en los siguientes aspectos:

Tras conocer por primera vez cómo es una cámara oscura, son capaces de diseñar un dispositivo que permite enseñar sobre el funcionamiento el mecanismo de la visión por lo que ahora disponen de una herramienta que les será útil como futuros docentes de Educación Primaria.

La mayoría del FPP es capaz de plantear preguntas investigables, algo muy positivo pues son el germen de la indagación escolar, que sabemos que no es fácil para ellos.

Ha permitido que el FPP, en su mayor parte, identifique las fases de la indagación escolar, algo destacable ya que el currículum oficial de Educación Primaria contempla dichas fases entre sus orientaciones metodológicas.

Presentan dificultades para formular contenidos relacionados con la indagación propuesta. La dificultad intrínseca de los contenidos relacionados con la visión y la formación de imágenes puede estar detrás de ello.

La docente ha de proporcionar bastantes orientaciones y explicaciones para que la clase llegue a entender por qué las imágenes aparecen invertidas. Se ratifica que el contenido de física abordado les resulta difícil.

En lo relativo a la indagación la docente también ha de proporcionar gran ayuda para que la clase acabe por concretar una pregunta investigable como la relativa a la influencia de la distancia relativa cámara-objeto en el tamaño de la imagen.

5.1.3. ¿Cómo puede contribuir el estudio sobre fenómenos relativos a la visión, mediante el empleo de una cámara oscura en un contexto de aprendizaje por indagación, en la formación en didáctica de la ciencia de futuro profesorado de Educación Primaria?

Tras las conclusiones derivadas de los subestudios planteados podemos decir que las hipótesis planteadas en este estudio se han podido verificar. Así, la cámara oscura empleada se instituye, en el contexto con el que se ha trabajado, como un recurso efectivo en la formación de FPP desde dos perspectivas: por un lado, favorece que los FPP aprendan sobre el fenómeno tratado (ha mejorado las concepciones de un alto porcentaje de FPP sobre la formación de imágenes); y, por otro, les permite conocer un buen recurso educativo para enseñar algunos fenómenos ópticos en clases de Primaria. A ello hay que añadir la contribución de la experiencia educativa con la cámara oscura para que los FPP se familiaricen con el aprendizaje por indagación y reconozcan la importancia de este tipo de enfoque en el aula, poniendo en valor muchos de los procedimientos empleados durante su ejecución.

5.2. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

En cuanto a las limitaciones del estudio, cabe mencionar, en primer lugar, el hecho de que se haya llevado a cabo con una muestra de participantes elegida por conveniencia. Esto impide que los resultados y conclusiones puedan generalizarse a toda la población de FPP españoles. No obstante, la información proporcionada sobre las características de los participantes, y las estrategias de validación y fiabilidad empleados (especialmente, el pilotaje de los instrumentos de investigación y la presentación de descriptores de baja inferencia), pueden favorecer su transferibilidad a otros contextos con similares características. De acuerdo con Elliot (2000), el propósito es que los resultados obtenidos puedan ser considerados como fuente de reflexión y orientación a otros educadores e investigadores para implementar y evaluar la efectividad del recurso educativo presentado.

En segundo lugar, el hecho de que los FPP elaboraran sus respuestas a las cuestiones en equipo, puede suponer otra limitación del estudio. Efectivamente, puede quedar la duda de si las respuestas dadas representaban la comprensión del grupo, la del componente con la concepción más adecuada, o la de aquel con mayor capacidad de convicción. Sin embargo, la experiencia de la educadora en promover el trabajo en grupo pudo mitigar considerablemente tal limitación. En todo momento, se insistió a todos los grupos en que las respuestas debían surgir de una discusión y consenso entre todos, dando la posibilidad a que se pudieran expresar las distintas opiniones en una misma respuesta cuando el consenso no fuera posible.

5.3. PROPUESTAS DE MEJORA

Realizamos una serie de propuestas de mejora que creemos necesarias tras la intervención realizada y los análisis realizados que agrupamos en dos aspectos: los relacionados con diseño de la intervención realizada y los relacionados con el diseño del material complementario (cuaderno de indagación del FPP)

5.3.1. Respecto al diseño de la intervención.

-Es necesario incluir una actividad de toma de contacto con la cámara oscura, previa al trabajo de campo. Durante la actividad el alumnado practicaría con ella y observaría la formación de imágenes y sus características, en vez de hacerlo directamente durante la comprobación de hipótesis experimental al problema planteado. Pensamos que separar ambas cuestiones beneficiará la posterior toma de datos.

-Es necesario incluir una actividad de recogida de la tabla para que el FPP tenga que entregar la tabla diseñada con anterioridad a su utilización en el trabajo de campo. Con ello garantizamos que todo el FPP que llega a la actividad de toma de datos lo hace con la tabla preparada.

-Es necesario incluir una actividad aclaratoria para la comprensión de la inversión derecha-izquierda y arriba-abajo que se produce en la imagen que se forma en la retina, respecto al objeto observado. Se propone como actividad modelizar el trazado de rayos con hilos para ver dónde y cómo se llega a formar la imagen en el interior de la cámara oscura, ya que el dibujo del cuaderno de indagación presenta dificultades en su interpretación por su carácter bidimensional.

-Es necesario incluir una actividad para favorecer la comprensión de la relación entre el tamaño de la pupila y la formación de imágenes.

-Es necesario prolongar el tiempo previsto, en la mayoría de las actividades propuestas.

-Es necesario modificar el lugar donde se realizan las observaciones para evitar el cruce de alumnado que provoca la no identificación correcta del compañero observado, y en el que haya suficiente luz.

5.3.2. Respecto al cuaderno de indagación de los FPP

-En cuanto a la estructura, para evitar las dificultades que en este sentido ha encontrado el alumnado, sería necesario no entregar el cuaderno de indagación a doble cara y no darlo grapado. Dividir el cuaderno de tal manera que se facilite la revisión de las tareas realizadas.

-Incluir información previa a la toma de datos y la elaboración de resultados al igual que se ha incluido en las tareas de formulación de hipótesis y elaboración de conclusiones.

-Numerar las actividades incluidas en el cuaderno de indagación.

5.4. PERSPECTIVAS FUTURAS

Sin duda alguna, se han quedado muchas cuestiones que podían haberse abordado en este trabajo, pero la cantidad de datos obtenidos y las pretensiones iniciales del estudio tuvieron que concretarse en pro de una investigación más profunda de los aspectos ya tratados en este trabajo y sobre los que se podría, incluso, seguir profundizando desde otras perspectivas.

En futuras investigaciones se tiene previsto analizar cómo utilizan los FPP la cámara oscura para enseñar a estudiantes de Primaria sobre la formación de imágenes en un contexto de aprendizaje por indagación. Asimismo, se pretende implementar el recurso con estudiantes de Educación Secundaria, donde ya se ha hecho una implementación piloto, con el fin de valorar su efectividad en la comprensión de algunos fenómenos ópticos, establecidos en el currículo de física de esta etapa. También, para analizar su efectividad en la mejora de la competencia matemática de los estudiantes, dado que el estudio de la formación de imágenes en la cámara oscura demanda el uso de cálculos geométricos y trigonométricos, establecidos en el currículo de matemáticas de Educación Secundaria (Criado & García-Carmona, 2014).

En síntesis, se abren varios problemas de investigación sobre los que continuar construyendo conocimiento útil para la didáctica de las ciencias:

- ¿Cómo lleva a cabo el FPP una indagación escolar utilizando la cámara oscura en su futuro contexto profesional?
- ¿Con qué obstáculos se encuentra el FPP al llevar a cabo una indagación escolar utilizando la cámara oscura en su futuro contexto profesional?

Conclusiones, limitaciones, perspectivas y propuestas de mejora

-¿Qué puede aprender el alumnado de ESO sobre contenidos relacionados con la formación de imágenes, utilizando la cámara oscura en una secuencia por indagación?

-¿Cómo contribuye al desarrollo de la competencia básica en razonamiento matemático la participación del alumnado de ESO en una secuencia indagativa, utilizando la cámara oscura como recurso?

**REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A. ... Tuan, H. L. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419. DOI: 10.1002/sce.10118
- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945–1969.
- Acosta M. C, Carmona, M. C., Flores, A. M., Ridaura, E., Sánchez, M. C., De La Torre, M., Vázquez, N. y Vela, R. (2011). Taller de ciencias: Investigo las plantas. *Investigación en la escuela*, 74, 23-34.
- Albert M. J. (2009). La investigación educativa. Claves teóricas. Madrid: McGraw-Hill.
- Anderson, B. & Kärrqvist, C. (1983). How Swedish pupils aged 12–15 years understand light and its properties. *European Journal of Science Education*, 5(4), 387–402.
- Andrée, M. (2005). Ways of using ‘everyday life’ in the science classroom. In Boersma K., Goedhart M., de Jong O. & Eijkelhof H. (eds.), *Research and the Quality of Science Education*. Dordrecht: Springer.
- Arca, M.; Guidoni, P. y Mazzoni, P. (1990). *Enseñar ciencias*. Paidós/Rosa Sensat. Barcelona.

- Arnold, J. C., Kremer, K. & Mayer, J. (2014). Understanding students' experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36(16), 2719–2749.
- Ávila, H. L. (2006). Introducción a la metodología de la investigación. Edición electrónica.
- Bagno, E., Eylon, B. S. & Levy, S. (2007). Photography as a means of narrowing the gap between physics and students. *Physics Education*, 42(1), 45-49.
- Banchi, H. & Bell, R. (2008). The Many Levels of Inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26-29.
- Barberà, O. (2002). El área de «Didáctica de las Ciencias Experimentales»: ¿apuesta de futuro o error del pasado? *Revista de Educación*, 328, 97-109.
- Beléndez, A., Pascual, I. & Rosado, L. (1989) La enseñanza de los modelos sobre la naturaleza de la luz. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), 271-275.
- Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S. & Ploetzner, R. (2010). Collaborative inquiry learning: Models, tools and challenges. *International Journal of Science Education*, 32(3), 349–377.
- Bertsch, C., Kapelari, S. & Unterbruner, U. (2014). From cookbook experiments to inquiry based primary science: Influence of inquiry based lessons on interest and conceptual understanding. *Inquiry in Primary Science Education*, 1, 20–31.
- Bevins, S. & Price, G. (2016). Reconceptualising inquiry in science education. *International Journal of Science Education*, 38(1), 17-29.

- Bisquerra R. (2014). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: La Muralla.
- Bonil, J. y Márquez, C. (2011) ¿Qué experiencias manifiestan los futuros maestros sobre las clases de ciencias? Implicaciones para su formación. *Revista de Educación, 354*, 447-472.
- Bunterm, T., Lee, K., Lan, J. N., Srikoon, S., Vangpoomyai, P., Rattanaovongsa, J. & Rachahoon, G. (2014). Do different levels of inquiry lead to different learning outcomes? A comparison between guided and structured inquiry. *International Journal of Science Education, 36*(12), 1937–1959.
- Caamaño A. (2012). ¿Cómo introducir la indagación en el aula? *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales, 70*, 83-92.
- Cabrera, F. (1987). Investigación evaluativa en la educación. En Varios, *Técnicas de evaluación y seguimiento de programas en Formación Profesional* (97-136). Madrid: Largo Caballero.
- Calvani, P. (1988). *Juegos científicos*. Madrid: Pirámide.
- Campbell, B. & Lubben, F. (2000). Learning science through contexts: helping pupils make sense of everyday situations. *International Journal of Science Education, 22*(3), 239-252.
- Cano, M. & Cañal, P. (2006) Las actividades prácticas en la práctica ¿qué opina el profesorado? *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales, 47*, 9-22.

- Cañal, P., Criado, A.M., García-Carmona, A. & Muñoz, M.G. (2013). La enseñanza relativa al medio en las aulas españolas de educación infantil y primaria: concepciones didácticas y práctica docente. *Investigación en la Escuela*, 81, 21-42.
- Cañal, P., García-Carmona, A. & Cruz-Guzmán, M. (2016). *Didáctica de las Ciencias Experimentales en Educación Primaria*. Madrid: Paraninfo.
- Cañal, P., Pozuelos, F.J. & Travé, G. (2005) *Proyecto Curricular Investigando Nuestro Mundo (6-12). Descripción general y fundamentos*. Sevilla: Díada.
- Cañal, P., Travé, G. & Pozuelos, F. J. (2011). Análisis de obstáculos y dificultades de profesores y estudiantes en la utilización de enfoques de investigación escolar. *Investigación en la Escuela*, 73, 5-26.
- Capps, D. K. & Crawford, B. A. (2013). Inquiry-based professional development: What does it take to support teachers in learning about inquiry and nature of science? *International Journal of Science Education*, 35(12), 1947-1978.
- Colás, M. P. & Buendía, L. (1998). *Investigación educativa*. Sevilla: Alfar.
- Colin, P., Chauvet, F. & Viennot, L. (2002). Reading images in optics: Students' difficulties and teachers' views. *International Journal of Science Education*, 24(3), 313-332.
- Cortés, A. L. & Gándara, M. (2006). La construcción de problemas en el laboratorio durante la formación del profesorado: Una experiencia didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 435-450.

- Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. Conferencia inaugural. *XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Huelva (Andalucía).
- Couso, D., Jiménez, M. P., López-Ruiz, J., Mans, C., Rodríguez, C., Rodríguez, J. M. & Sanmartí, N. (2011). *Informe Enciende: Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica escolar para edades tempranas en España*. Madrid: COSCE.
- Criado, A. M. & García-Carmona, A. (2011a). *Investigando las máquinas y artefactos. Proyecto Curricular Investigando Nuestro Mundo (6-12)*. Sevilla: Díada.
- Criado, A.M. & García-Carmona, A. (2011b). Las experiencias prácticas para el conocimiento del medio (natural y tecnológico) en la formación inicial de maestros. *Investigación en la Escuela*, 74, 73-88.
- Criado, A.M. & García-Carmona, A. (2014). Science and Maths by inquiring about the image size in a camera obscura. *Conference proceedings: ‘Educating the educators: international approaches to scaling-up profesional development in mathematics and science education’* (pp. 210-215). Essen: University Duisburg-Essen.
- Criado, A.M., Del Cid, R. & García-Carmona, A. (2007). La cámara oscura en la clase de ciencias: fundamento y utilidades didácticas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 4(1), 123-140.
- Criado, A.M ; Cruz-Guzmán, M. & García-Carmona, A. (2016) Identificación de preguntas y formulación de hipótesis en una experiencia de segregación por agitación mecánica. Un estudio con futuro profesorado de Educación

Primaria. *Actas de los 27 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp1333- 1341. Universidad de Badajoz. http://eventos.unex.es/event_detail/2966/detail/27-encuentros-de-didactica-de-las-ciencias-experimentales-andquot;tendiendo-puentes-entre-espana-y-.html

Cruz-Guzmán, M., García-Carmona, A. & Criado, A. M. (2017). An analysis of the questions proposed by elementary pre-service teachers when designing experimental activities as inquiry. *International Journal of Science Education*, 39(13), 1755-1774. DOI:10.15640/jehd.v6n1a11 <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09500693.2017.1351649>

De las Heras, M.A. & Jiménez, R. (2011) Experiencias investigadoras para el estudio de los seres vivos en primaria. *Investigación en la Escuela* 74, 35-44.

Demir, A. & Abell, S. K. (2010). Views of inquiry: Mismatches between views of science education faculty and students of an alternative certification program. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(6), 716-741.

Department for Education and Employment (1999). Science.The National Curriculum for England. Recuperado de: www.nc.uk.net

Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del circuito ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 109-120

Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.

- Durmus, J. & Bayraktar, S. (2010) Effects of Conceptual Change Texts and Laboratory Experiments on Fourth Grade Students' Understanding of Matter and Change Concepts. *Journal Science Education Technology* 19, 498–504.
- Echave, A., Ferrer, L. M. & Morales, M. J. (2011) La relevancia y el valor de los trabajos prácticos en educación primaria y en la formación de maestros de este nivel: una experiencia de aula. *Investigación en la escuela*, 74, 101-112.
- EURYDICE (2011). *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research*. Recuperado de <http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematicreports/133>
- Feher, E. & Rice, K. (1987). Pinholes and images: Children's conceptions of light and vision. I. *Science Education*, 71(4), 629-639.
- Fernández, J. Elortegui, N., Rodríguez, J. F. & Moreno, T. (2002, 2ª ed.). *¿Cómo hacer unidades didácticas innovadoras?* Sevilla: Díada.
- Galili, I. & Hazan, A. (2000). Learners' knowledge in optics: interpretation, structure and analysis. *International Journal of Science Education*, 1(22), 57-88.
- Galili, I. & Kazan, A. (2001). The influence of a historically oriented course on the content knowledge of students in optics. In *Research in Science Education-Past, Present, and Future* (pp. 247-252). Dordrecht: Springer.
- Galili, I. & Lavrik, V. (1998). Flux concept in learning about light: A critique of the present situation. *Science Education*, 82(5), 591-613.

- Galili, I., Bendall, S. & Goldberg, F. (1993). The effects of prior knowledge and instruction on understanding image formation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 271-301.
- García-Barros, S. (2016). Conocimiento científico conocimiento didáctico. Una tensión permanente en la formación docente. *Campo Abierto. Revista de Educación*, 35(1), 31-44.
- García-Carmona, A. (2011). *Aprender física y química mediante secuencias de enseñanza investigadoras*. Archidona, Málaga: Aljibe.
- García-Carmona, A. (2017). Pre-service primary science teachers' abilities for solving a measurement problem through inquiry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1-21. Doi: 10.1007/s10763-017-9858-7
- García-Carmona, A. & Acevedo, J. A. (2016). Concepciones de estudiantes de profesorado de Educación Primaria sobre la naturaleza de la ciencia: Una evaluación diagnóstica a partir de reflexiones en equipo. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 21(69), 583–610.
- García-Carmona, A. & Criado, A. M. (2007). Investigar para aprender, aprender para enseñar. Un proyecto orientado a la difusión del conocimiento escolar sobre ciencia. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 52, 73-83.
- García-Carmona, A., Criado, A. M. & Cruz-Guzmán, M. (2017). Primary pre-service teachers' skills in planning a guided scientific inquiry. *Research in Science Education*, 47(5), 989-1010.

- García-Carmona, A., Criado, A., Cruz-Guzmán, M. (2018). Prospective primary teachers' prior experiences, conceptions, and pedagogical valuations of experimental activities in science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16 (2), 237-253. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10763-016-9773-3>
- García-Carmona, A., Cruz-Guzmán, M. y Criado, A. M. (2014) '¿Qué hacías para aprobar los exámenes de ciencias, qué aprendiste y qué cambiarías?'. Preguntamos a futuros docentes de Educación Primaria. *Investigación en la Escuela*, 84, 31-46.
- García-Carmona, A. & Cruz-Guzmán, M. (2016). ¿Con qué vivencias, potencialidades y predisposiciones inician los futuros docentes de Educación Primaria su formación en la enseñanza de la ciencia? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 440-458.
- García-Molina, R. (2011) Ciencia recreativa: un recurso didáctico para enseñar deleitando. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8, 370-392.
- Girault, I., D'Ham, C., Ney, M., Sánchez, E. & Wajeman, C. (2012). Characterizing the experimental procedure in science laboratories: A preliminary step towards students' experimental design. *International Journal of Science Education*, 34(6), 825–854.
- Grepstad, J. (2006). *Pinhole photography-history, images, cameras, formulas*. Recuperado de <https://jongrepstad.com/pinhole-photography/pinhole-photography-history-images-cameras-formulas/>

Hann, J. (1991). *Los amantes de la Ciencia*. Barcelona: Blume.

Harlen, W. (2007) *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Morata.

Harlen, W. (2013). *Assessment & Inquiry-Based Science Education: Issues in Policy and Practice*. Trieste: IAP.

Harlen, W. (2014). Helping children's development of inquiry skills. *Inquiry in Primary Science Education*, 1, 5–19.

Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., & Gunstone, R. (2000). What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiments? *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 655–675.

Hazelkorn, E., Ryan, C., Beernaert, Y., Constantinou, C. P., Deca, L., Grangeat, M. ...Welzel-Breuer, M. (2015). *Science Education for Responsible Citizenship*. Report to the European Commission of the Expert Group on Science Education.

Heywood, D. S. (2005). Primary trainee teachers' learning and teaching about light: Some pedagogic implications for initial teacher training. *International Journal of Science Education*, 27(12), 1447-1475.

Hierrezuelo, J. & Montero, A. (1995) *Ciencias de la Naturaleza. 1º ESO*. Torre del Mar (Málaga): Elzevir.

Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107.

- Hodson, D. (2005). Teaching and learning chemistry in the laboratory: A critical look at the research. *Educación Química*, 16(1), 30–38.
- Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553.
- Ibarra, J.; Arlegui, J. & Gil, M. (2009). La actividad experimental en educación primaria: restricciones y retos. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra.: VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona*, 1182-1188. Recuperado de: <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/>
- InterAcademy Partnership. (2010). *Taking inquiry-based science education into secondary education. A global conference*. York: IAP Science Education Program.
- Irgitta, B. (2007). Easy growth experiment on peas stimulates interest in biology for 10–11 year old pupils. *Journal of Biological Education*, 41(2), 84-88.
- Izquierdo, M.; Sanmartí, N.; Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.
- Jiménez Aleixandre, M. P., & Reigosa, C. (2006). Contextualizing practices across epistemic levels in the chemistry laboratory. *Science Education*, 90(4), 707-733.
- Kim, M. & Tan, A. L. (2011). Rethinking difficulties of teaching inquiry-based practical work: Stories from elementary pre-service teachers. *International*

Journal of Science Education, 33(4), 465-486.

Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.

Koksal, E. A. & Berberoglu, G. (2014). The effect of guided-inquiry instruction on 6th grade Turkish students' achievement, science process skills, and attitudes toward science. *International Journal of Science Education*, 36(1), 66–78.

Langley, D., Ronen, M. & Eylon, B. S. (1997). Light propagation and visual patterns: Preinstruction learners' conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 399-424.

Latorre, A. (2003). *La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Barcelona: Graó.

Leite, L. & Figueiroa, A. (2004) Las actividades de laboratorio y la explicación científica en los manuales escolares de ciencias. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 39.

Lozano, O., Solbes, J. & García-Molina, R. (2012). Contribución de la ciencia recreativa al desarrollo de competencias argumentativas y actitudinales. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 71, 70-80

Lunetta V.N. (1998). The school science laboratory: historical perspectives and centers for contemporary teaching. In P. Fensham (Ed.). *Developments and dilemmas in science education* (pp. 169-188). London, Falmer Press.

- Lunetta, V.N. & Tamir, P. (1979). Matching laboratory activities with teaching goals. *The Science Teacher*, 46, 22-24.
- Mc Millan, J.H y Schumacher, S. (2010). *Investigación educativa*. Madrid: Pearson.
- Menikheim, M. C., Pesa, M. Colombo, E. & Skop, G. (2003). Ideas sobre visión, color y percepción de alumnos de ingeniería y del profesorado. *IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Recuperado de <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL088.pdf>
- Meyer, K. & Woodruff, E. (1997). Consensually driven explanation in science teaching. *Science Education*, 81(2), 173-193.
- Mihás, P. & Andreadis, P. (2005). A Historical Approach to the Teaching of the Linear Propagation of Light, Shadows and Pinhole Cameras. *Science and Education*, 14(7), 675-697
- Millar, R. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. Paper prepared for the meeting: High School Science Laboratories. Role and Vision National Academy of Sciences, Washington DC.
- Millar, R. (2010). Practical works. In J. Osborne & J. Dillon (Eds.), *Good practice in science teaching. What research has to say* (pp. 108–134). New York, NY: Open University Press.
- Millar, R. (2011). Reviewing the National Curriculum for science: opportunities and challenges. *Curriculum Journal*, 22(2), Special Issue: Reviewing the National Curriculum 5–19 Two Decades On.

- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 474–496.
- Monje, L. (1998). *Curso de Iniciación a la Fotografía Científica*. Recuperado de: <http://www.difo.uah.es/curso/indice.html>.
- Muñoz-Franco, G., Criado, A. & García-Carmona, A. (En prensa). Investigating image formation with a camera obscura: A study in initial primary science teacher education. *Research in Science Education*.
- Muñoz-Franco, M.G. y Morón, H. (2015) ¿Cómo analizar los objetivos y competencias en los libros de texto de primaria? Diseño de una propuesta de enseñanza basada en la indagación. En Mirete y Nortes (Eds.) *Investigación e innovación: una constante en la formación del profesorado*. Murcia: Universidad de Murcia. Servicio de publicaciones Murcia
- National Research Council (1998, 5th Printing). *National Science Education Standards. National Committee on Science Education Standards and Assessment*. Washington, DC. National Academy Press.
- Navarro P., Banet, E. & Núñez, F. (2009) Enseñar ciencias a estudiantes de compensación educativa mediante trabajos prácticos. *Aula de Innovación Educativa*, 183-184, 52-55.
- Newman, W. J., Abell, S. K., Hubbard, P. D., McDonald, J., Otaala, J. & Martini, M. (2004). Dilemmas of teaching inquiry in elementary science methods. *Journal of Science Teacher Education*, 15(4), 257–279.

Next Generation Science Standards [NGSS]. (2013). *The Next Generation Science Standards*. Washington: National Academy of Sciences.

Nortes, R. & Pro, A. (2010) Actitudes hacia las ciencias de los alumnos de educación primaria de la región de Murcia. II Jornadas del máster en investigación e innovación en educación infantil y educación primaria. Murcia. Recuperado de http://www.um.es/c/document_library/get_file?uuid=d3208f27-20f1-4da5-af3a-975da73e1853&groupId=299436.

Oliva, J.M.; Matos, J.; Bueno, E.; Bonat, M; Domínguez, J.; Vázquez, A. y Acevedo, J.A. (2004). Las exposiciones científicas escolares y su contribución en el ámbito afectivo de los alumnos participantes. *Enseñanza de las ciencias*, 22, 425-440.

Osborne, J.y Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. London: The Nuffield Foundation.

Osborne, R. & Freyberg, P. (1995) *El aprendizaje de las ciencias: influencia de las "ideas previas" de los alumnos*. Madrid: Narcea.

Osuna, L., Martínez-Torregrosa, J., Carrascosa, J. & Verdú, R. (2007). Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica geométrica en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(2), 277-295.

Padilla, M. T. (2002). *Técnicas e instrumentos para el diagnóstico y la evaluación educativa*. Madrid: CCS.

- Parente, P. (2005). *Lego pinhole camera*. Recuperado de: http://www.cs.unc.edu/~parente/igv/hw1/parente_hw1.html.
- Parker, J. (2006). Exploring the impact of varying degrees of cognitive conflict in the generation of both subject and pedagogical knowledge as primary trainee teachers learn about shadow formation. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1545-1577.
- Perales, F. J. & García, J. A. (2016) Por qué, cómo y cuándo enseñar sobre la luz. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 85, 9-14.
- Perales, F.J. & Nievas, F. (1989). Misconceptions on geometric optics and their association with relevant educational variables. *International Journal of Science Education*, 11(3), 273-286.
- Pesa, M. A. & Cudmani, L. C. (1998). ¿Qué ideas tienen los estudiantes respecto a la visión? *Revista Educación y Pedagogía*, 10(21), 15-33.
- Pesa, M. A., Cudmani, L. C. & Bravo, S. (1996). Formas de razonamiento asociadas a los sistemas preconceptuales sobre naturaleza y propagación de la luz. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 12(1), 17-31.
- Pozo, J. I. & Gómez Crespo, M. A. (2009). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- Pro, A. & Rodríguez, J. (2010) Aprender competencias en una propuesta para la enseñanza de los circuitos eléctricos en educación primaria. *Enseñanza de las ciencias*, 28, 385–404.

- Pro, A. (2006). Actividades de laboratorio en el aprendizaje de la física: ¿un capricho o una necesidad? *Aula de innovación educativa*, 150, 7-13.
- Pro, A. (2011). Aprender y enseñar con experiencias... y ahora para desarrollar competencias. *Investigación en la escuela*, 74, 5-21.
- Reid, D.J. & Hodson, D. (1989). *Science for all*. Londres: Casell. [Trad. de Martín-Díaz, M. J. y García-Lucía, L. A. (1993). *Ciencias para todos en secundaria*. Madrid: Narcea.]
- Rivet, A. E. & Krajcik, J. S. (2008). Contextualizing instruction: Leveraging students' prior knowledge and experiences to foster understanding of middle school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 79-100.
- Robles, A., Solbes, J., Cantó, J. R., & Lozano, O. R. (2015). Actitudes de los estudiantes hacia la ciencia escolar en el primer ciclo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 361-376.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg, H. & Hemmo, V. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels: Directorate General for Research, Science, Economy and Society.
- Ros, M. & Pro, A. De. (2010). Jugando y aprendiendo los animales en el primer ciclo de educación primaria. *II Jornadas de los Máster en Investigación e Innovación en Educación Infantil y Educación Primaria*. Murcia: Universidad de Murcia. Recuperado de

http://www.um.es/c/document_library/get_file?uuid=165937e7-4e95-410b-8332-313b0e24152f&groupId=299436.

Salmerón, L. (2013). Actividades que promueven la transferencia de los aprendizajes: una revisión de la literatura. *Revista de Educación, No. Extra.*, 34-53.

Solbes, J., Montserrat, R., & Más, C. F. (2007). Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 91-117.

Van Zee, E.H., Hammer, D., Bell, M., Roy, P. & Jennifer, P. (2005). Learning and teaching science as inquiry: A case study of elementary school teachers' investigations of light. *Science Education*, 89(6), 1007-1042.

Varma, T., Volkman, M. & Hanuscin, D. (2009). Preservice elementary teachers' perceptions of their understanding of inquiry and inquiry-based science pedagogy: Influence of an elementary science education methods course and a science field experience. *Journal of Elementary Science Education*, 21(4), 1–22.

Viennot, L. & Kaminski, E. (2006). Can we evaluate a critical detail of teaching practice? The case of a type of diagram in understanding optical imaging. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1867–1885.

Woodley, E. (2009). Practical work in school science – why is it important? *Schools Science Review*, 91, 49-51.

Yoon, H. G., Joung, J. J. & Kim, M. (2012). The challenges of science inquiry teaching for pre-service teachers in elementary classrooms: Difficulties on and under the scene. *Research in Science Education*, 42(3), 589-608.

Zhang, L. (2016). Is inquiry-based science teaching worth the effort? Some thoughts worth considering. *Science & Education*, 25(7–8), 897–915.

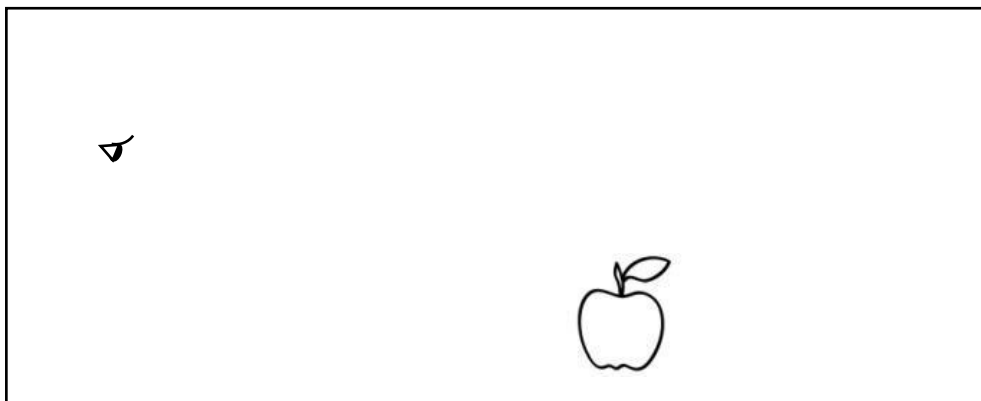
ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario

Grupo DCCEE: _____

Nombre equipo: _____ **Código:** _____

1. En una habitación hay una manzana a la que miráis: Realizad un esquema para explicar cómo es posible que veáis la manzana (Dibujad el trazado de rayos -representados con flechas- que creáis conveniente, en el que se identifique perfectamente el sentido de los mismos e introducid los elementos que creáis necesarios para completar el esquema)



Explicad/justificad el esquema realizado

.....

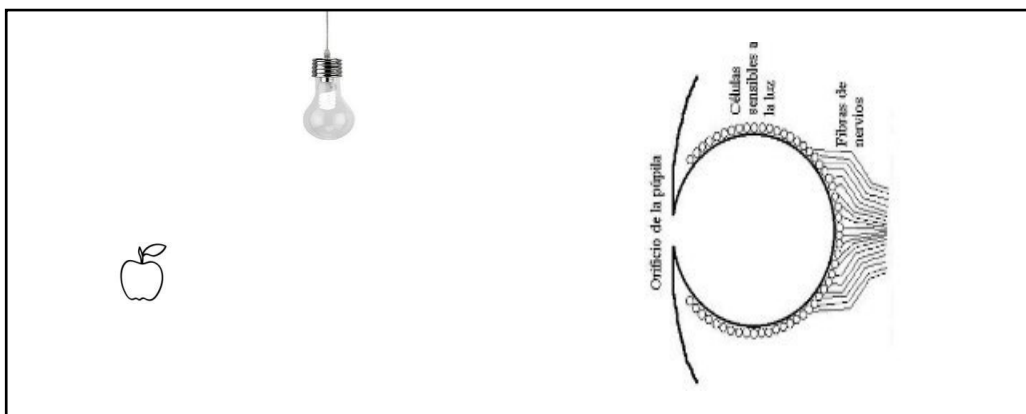
.....

.....

.....

.....

2. ¿Cómo creéis que llega a formarse la imagen en el interior de nuestros ojos? Realizad un esquema mediante un trazado de rayos (representados por flechas) que indique el sentido de los mismos.



Explicad/justificad el esquema realizado:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Si nos acercamos la manzana, la imagen que se forma de la misma en el interior de nuestros ojos ¿qué diferencias y/o similitudes tendrá con la anterior (pregunta 2)?

.....

.....

.....

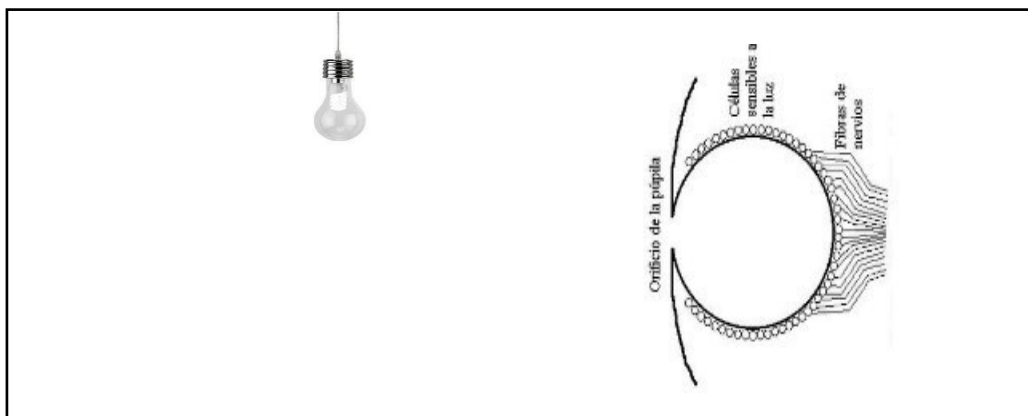
.....

.....

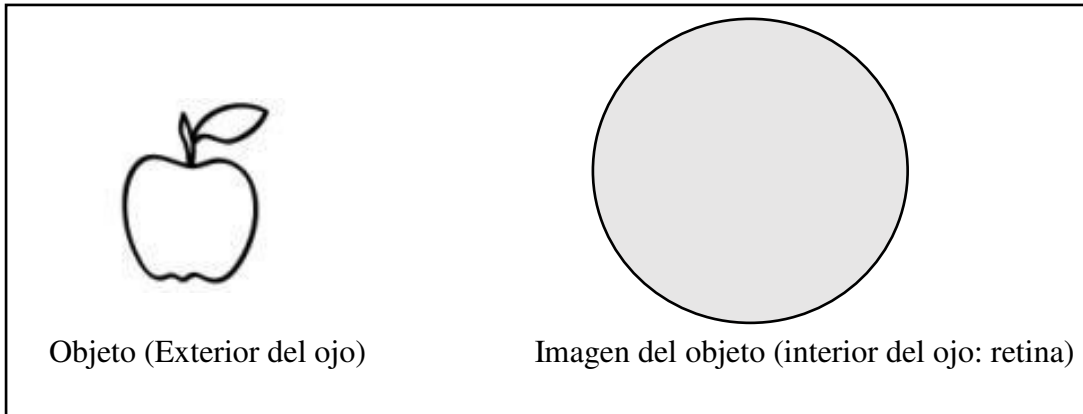
.....

.....

Justificad esas diferencias y/o similitudes realizando un esquema.



4. Dibujad cómo será la imagen de la manzana que se forma en nuestra retina.



5. ¿Qué papel pensáis que tiene la pupila en la formación de imágenes en el ojo?

.....
.....
.....
.....
.....

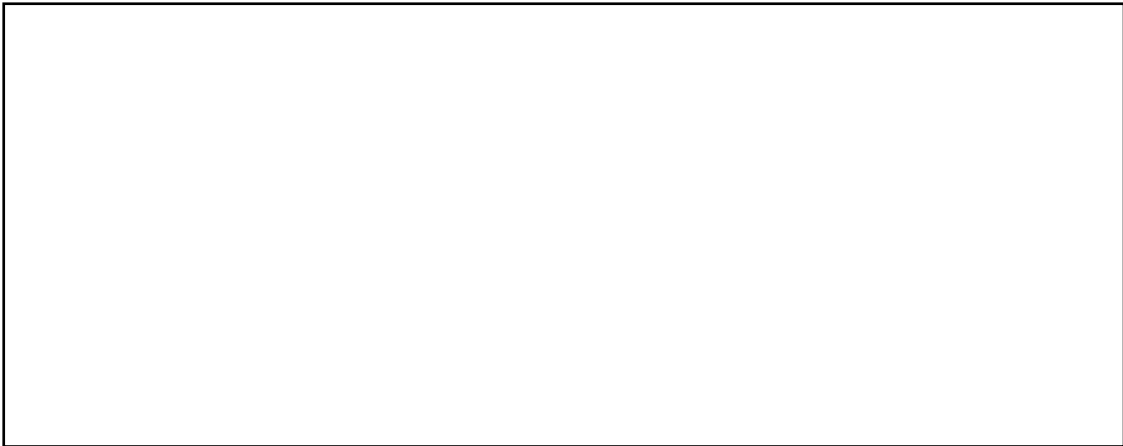
6. ¿Pensáis que el tamaño de la pupila (con sus variaciones) influye en la formación de imágenes en nuestros ojos? Argumentad vuestra respuesta.

.....
.....
.....
.....
.....

7. ¿Qué dispositivo construiríais para explicar cómo se forman las imágenes en el interior del ojo? Describidlo y haced un dibujo explicativo.

.....
.....
.....
.....
.....

Dibujo/esquema del dispositivo



8. ¿Qué analogías o similitudes encontraréis entre las partes de ese dispositivo y las partes del ojo?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9. ¿Qué utilidad didáctica pensáis que pueden tener dispositivos como el que habéis descrito en el estudio de la visión? Argumentad la respuesta.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10. ¿Qué interés pueden tener los temas relacionados con la visión (cámaras y otros dispositivos ópticos, enfermedades oculares, problemáticas sociales asociadas con defectos visuales...) en la educación científica básica del alumnado de Primaria? Argumentad vuestra respuesta intentando hacer referencia a los distintos aspectos indicados en el paréntesis de la pregunta.

.....
.....
.....
.....
.....

11. ¿Qué problemas investigables podríamos hacer en un aula de Primaria que tuviera como soporte didáctico el dispositivo que habéis descrito en la pregunta 7?

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

12. Elegid uno de los problemas anteriores e indicad cuáles serían los pasos que seguiríais para realizar esa indagación científica en un aula de Primaria. Describid lo que habría que hacer en cada uno de esos pasos, y el propósito para el que se hace.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

13. ¿Qué esperáis que aprendan los alumnos de Primaria en los que estáis pensando con la indagación que proponéis? Tratad de detallarlo mediante la formulación de objetivos de aprendizaje.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

14. ¿En qué medida pensáis que es útil para los alumnos de Primaria realizar este tipo de actividades en el aula? Argumentad vuestra respuesta.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

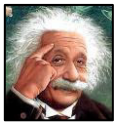
.....

.....

Una indagación científica con LA CÁMARA OSCURA

Estimado/a alumno/a:

Vas a participar en una indagación científica escolar, en la que aprenderás sobre el funcionamiento de una cámara oscura. Este cuaderno te servirá de guía. Para ello, encontrarás una serie de símbolos que te invitan a...



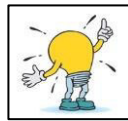
Reflexionar...



Analizar...



Pensar...



Saber más...



Poner en común ...



Realizar tarea...



¿Qué es una cámara oscura?

Antes de comenzar con la indagación necesitas saber...

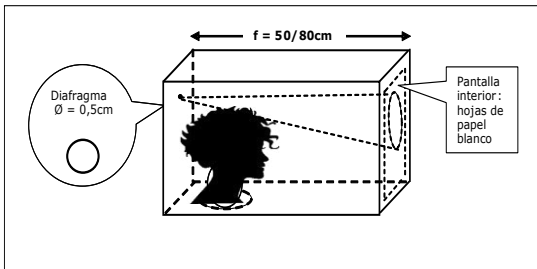


Figura 1a. Esquema cámara oscura de longitud fija

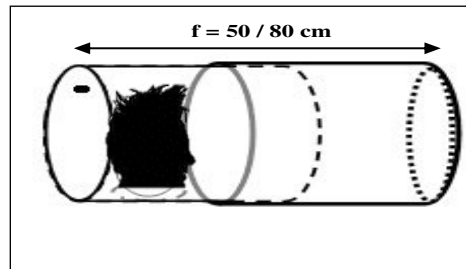


Figura 1b. Esquema cámara oscura de longitud variable



¿Qué es una imagen?



¿Cómo se forman las imágenes en la cámara oscura?

¿Cómo evolucionó nuestro ojo hasta hacer posible la formación de imágenes en la retina?

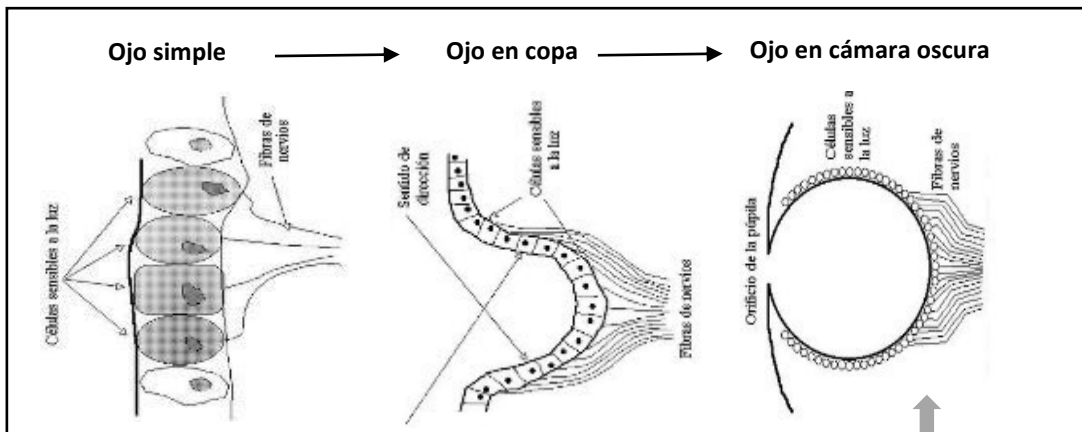


Figura 2. Evolución del ojo humano

¿Cómo se forma una imagen en el interior de la cámara oscura?

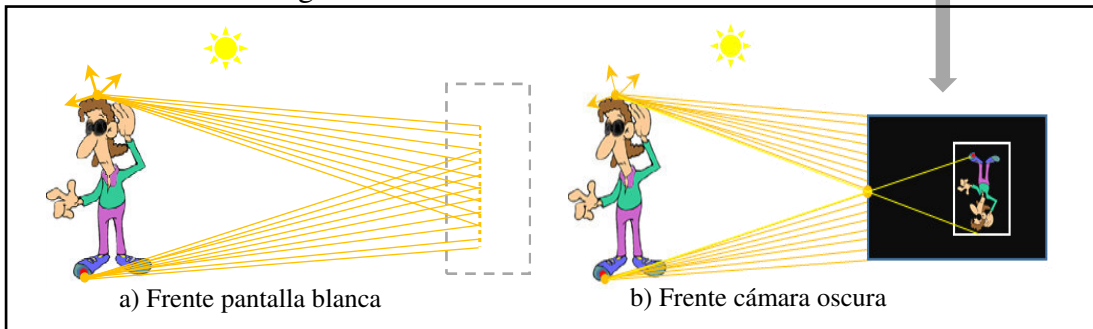


Figura 3. Formación de imágenes en la cámara oscura

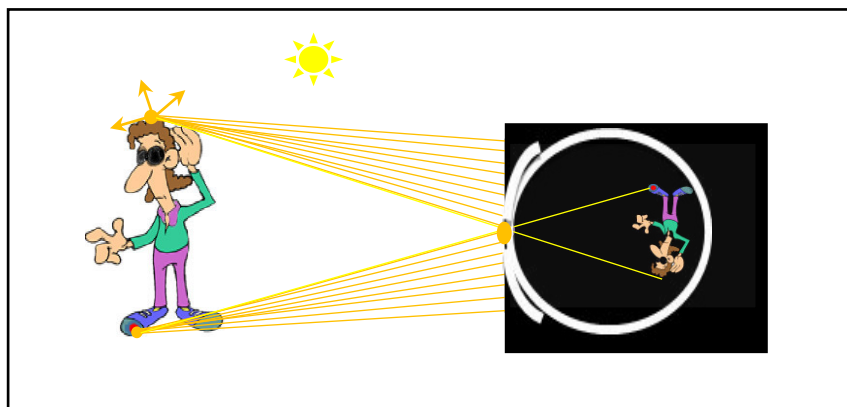


Figura 4. Analogía entre cámara oscura-ojo



Información adicional para saber más...

¿Cómo se forman las imágenes en una cámara oscura?

Para comprender como se forman las imágenes en el interior de la cámara oscura, hay que recordar que vemos los objetos porque estos reflejan la luz procedente de una fuente luminosa y esos rayos reflejados van a nuestros ojos. Fijaos en la figura 2 y observad la evolución del ojo. El ojo simple solo detectaba la diferencia entre luz y oscuridad. Con el tiempo fue formando una cavidad que le permitía detectar la dirección de dónde provenía la luz (ojo en copa). Sin embargo, las imágenes no se formarían hasta que no se conformó la cámara oscura (ojo en cámara oscura), en el que sólo entra luz por un pequeño orificio (pupila). Luego la pupila y su diámetro tienen mucho que ver con la formación de imágenes en nuestros ojos.

De igual manera, muchos dispositivos ópticos dejan pasar la luz a través de un pequeño orificio (diafragma), que tiene la función de dejar pasar solo los rayos que “caben” a través de él, dejando entrar una pequeña porción, la necesaria para que se forme la imagen deseada. Podemos entender esto mejor si observamos la figura 3. En ella aparece un muñeco frente a una pared blanca (pantalla): En esta situación (a) cada punto del muñeco iluminado refleja los rayos de luz en todas direcciones, y estos se dirigen a una pantalla. No hay puntos preferentemente iluminados, por lo tanto no apreciamos ninguna imagen en la pantalla. Sin embargo, en la situación (b), al interponer una pared (parte de un habitáculo o dispositivo cerrado que conforma la cámara oscura) con un pequeño agujero (diafragma), solo pasarán a través de él parte de los rayos reflejados por el muñeco, entrando a la cámara oscura una selección de ellos. De tal manera que procedentes de la cabeza, sólo pasarán los que se dirigen hacia abajo; procedentes de los pies, sólo los que se dirigen hacia arriba; de la derecha del objeto, sólo llegarán a la izquierda de la pantalla... La selección de rayos del diafragma produce, en la pantalla, proyección de puntos–imagen procedente de un solo tipo de puntos del objeto. Se forma una imagen porque se limita la luz procedente de cada punto del sujeto a casi un solo haz de rayos. Pensad en la analogía existente entre el ojo y la cámara oscura (figura 4)

Una vez presentado el fundamento teórico de la formación de imágenes en una cámara oscura nos preguntarnos (**problema general**)

¿CÓMO PODRÍAMOS MODIFICAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LA IMAGEN PROYECTADA EN LA CÁMARA OSCURA?



Antes de intentar responder a esta pregunta científica recordamos que:

Las características de la imagen proyectada son:

- Luminosidad
- Nitidez
- Tamaño

Los aspectos que pueden modificar esas características son:

- Profundidad de la cámara (60 cm, ..., 80 cm)
- Diámetro del diafragma (0,5 cm, ..., 1 cm)

Relativos a la cámara

- Distancia entre la cámara y el objeto (3 m, ..., 50 m)
- Tamaño del objeto relativo al tamaño de la cámara (persona, árbol, edificio...)

Ajenos a la cámara

Sabiendo esto, podríamos plantear diversos subproblemas investigables que den respuesta al problema general. Escribid a continuación aquellos que se os ocurran.

- a)
 - b)
 - c)
 - d)
-
-
-

Vuestra investigación va a centrarse en dos de esos subproblemas (**problemas específicos**)

SP1. Un cambio en la distancia de la cámara al objeto ¿alterará el tamaño de la imagen proyectada en el interior de la cámara oscura?

SP2. Un cambio en la longitud de la cámara ¿alterará el tamaño de la imagen proyectada en el interior de la cámara oscura?

¡Aquí empieza vuestra investigación!



Fase 1: Formulación de hipótesis



Seleccionado nuestro problema de investigación debéis plantearos dar una respuesta inicial (hipótesis) a cada uno de estos subproblemas. En breve comprobaréis si vuestras hipótesis son correctas o no (verificación de la hipótesis)



Recordamos...

Vuestras hipótesis deben estar fundamentadas (basadas en...), decir cómo se relacionan las variables implicadas en la resolución de vuestro problema y deben poder ser comprobadas.

¿Cuál sería vuestra hipótesis al problema planteado SP1 (Un cambio en la distancia de la cámara al objeto ¿alterará el tamaño de la imagen proyectada en la cámara oscura?)?

.....

.....

.....

.....

.....

Realizad un esquema en el que pueda visualizarse la fundamentación que os lleva a la formulación de la hipótesis anterior.

¿Cuál sería vuestra hipótesis al problema planteado SP2 (Un cambio en la longitud de la cámara ¿alterará el tamaño de la imagen proyectada en el interior de la cámara oscura?)?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

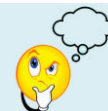
.....

Realizad un esquema en el que pueda visualizarse la fundamentación que os lleva a la formulación de la hipótesis anterior.





FASE 2: Comprobación de la hipótesis (Diseño, planificación, ejecución)



Una vez formuladas vuestra hipótesis debéis comprobarlas.



Recordamos...

Para realizar la comprobación de vuestra hipótesis necesitáis realizar el diseño de la investigación experimental y planificar lo que haréis.

Esta planificación requiere tener en cuenta las tareas a desarrollar por cada miembro del grupo, decidir los datos que se quieren tomar, diseñar un instrumento para la recogida de esos datos... y proceder cuando estéis listos a la toma de datos necesaria para verificar o no vuestra hipótesis.

Teniendo a vuestra disposición una cámara oscura ¿Cómo vais a comprobar vuestra hipótesis? Respondemos a...

a) ¿Cómo os organizaréis dentro del grupo (de qué se encargará cada miembro)?

Para SP1.

.....
.....
.....
.....

Para SP2.

.....
.....
.....
.....

b) ¿Qué variables vais a considerar en vuestra toma de datos? ¿Qué variables vais a mantener fijas y cuáles no? (Recordad vuestras hipótesis, ¿qué variables se relacionaban?)

Para SP1.

.....
.....
.....
.....

Para SP2.

.....
.....
.....
.....

c) Otras consideraciones

Para SP1.....

.....
.....
.....

Para SP2.....

.....
.....
.....
.....

c) Elaborad las tablas os faciliten la recogida de los datos que habéis previsto.

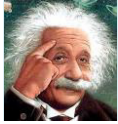
c.1) Tabla para la recogida de datos para problema SP1

c.2) Tabla para la recogida de datos para problema SP2

(Utilizad las páginas siguientes para ello)

c.1) Tabla para la recogida de datos para problema SP1

c.2) Tabla para la recogida de datos para problema SP2



¿Habéis tenido alguna dificultad en la planificación realizada (organización del grupo, selección de datos, diseño de los instrumentos...)? ¿Cuáles?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

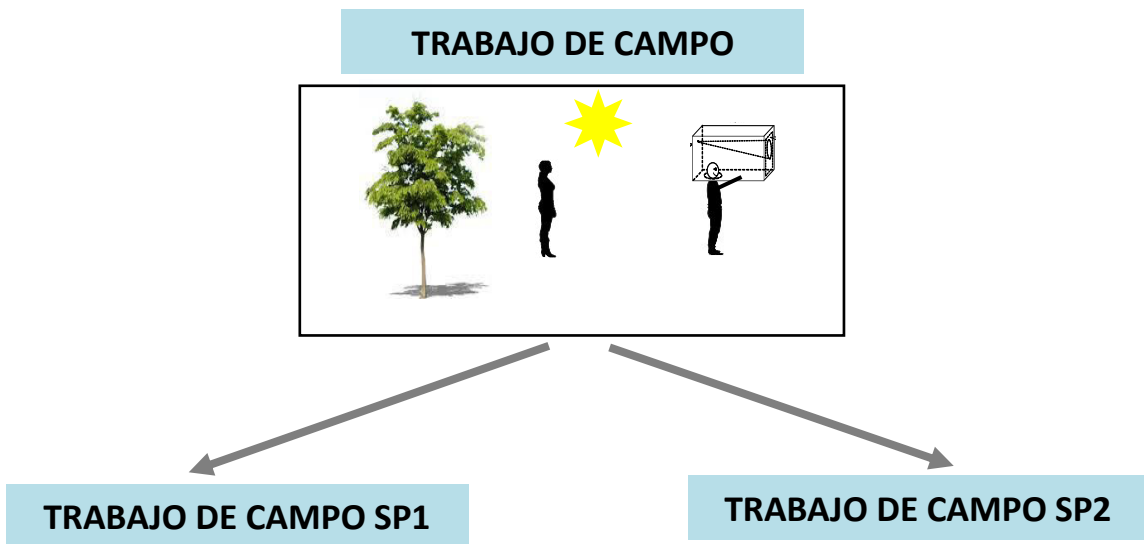
.....

.....

.....

.....

Llegado a este punto estáis preparados para poner a prueba vuestro diseño y planificación. Esto quiere decir que tenéis que tomar la cámara oscura e ir a un lugar que os permita realizar adecuadamente vuestra toma de datos. Recordad que habéis realizado un instrumento en el que recogerlos.





¿Qué problemas os habéis encontrado durante la toma de datos?
¿Cómo los habéis resuelto? ¿Habéis necesitado ayuda?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



¿En qué medida creéis que son fiables los datos que habéis tomado?

.....
.....
.....
.....
.....
.....



FASE 3: Análisis de datos y discusión de los resultados



Una vez obtenidos los datos necesarios en hora de proceder al análisis de los mismos, para obtener información que os permita poder establecer conclusiones, dando con ello una respuesta a vuestro problema inicial a partir de los resultados obtenidos.

Tras analizar vuestros datos ¿Cuáles han sido vuestros resultados?

Para SP1.
.....
.....
.....

.....
.....
Para SP2.....
.....
.....
.....
.....



¿Qué dificultades habéis tenido en el análisis de los datos obtenidos? ¿Cómo las habéis resuelto?

.....
.....
.....
.....
.....



¿Habéis obtenido los resultados esperados? Justificad vuestra respuesta (¿A qué podría deberse?)

.....
.....
.....
.....
.....



A la vista del análisis de realizado y los resultados obtenidos ¿Si tuvierais que volver a tomar datos qué modificaríais de vuestra actuación?

.....
.....
.....
.....



¿Pensáis que todos los equipos habrán obtenido los mismos resultados? Justificad vuestra respuesta (¿A qué pueden ser debidas las diferencias que puedan surgir?)



.....

.....

.....

.....

.....



FASE 4: Elaboración de conclusiones

Elaborad las conclusiones que se deducen de vuestros resultados: (¿Qué afirmaciones podéis hacer a partir de los resultados obtenidos?, teniendo en cuenta el problema de partida)

Para SP1.....

.....

.....

.....

.....

Para SP2.....

.....

.....

.....

.....



¿Qué dificultades habéis tenido en la elaboración de las conclusiones? ¿Cómo las habéis resuelto?

.....

.....

.....

.....

.....



FASE 5. Puesta en común de las conclusiones obtenidas

Tras la puesta en común realizada...



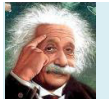
¿A qué puede deberse que hayamos llegado a conclusiones diferentes?

.....

.....

.....

.....



¿Qué os ha aportado la puesta en común realizada en gran grupo?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



¿Qué habéis aprendido con la investigación realizada?

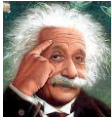
.....

.....

.....

.....

.....



¿Qué dudas os han quedado?

.....

.....

.....

.....

.....

.....



¿Cómo mejoraríais el desarrollo de la misma?

.....

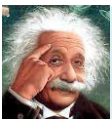
.....

.....

.....

.....

.....



¿Qué otras investigaciones podríamos realizar a partir de la cámara oscura como recurso en un aula?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Anexo 3. Parilla observación participante (diario de la profesora)

Fecha	
Actividad a realizar	
Demandas de ayuda	¿Quién la solicita?
	¿En qué consiste la solicitud de ayuda?
	¿En qué momento de la tarea se solicita la ayuda?
	¿Qué respuesta se le ha dado? (Documento complementario / explicación adicional / repetición información tarea)
	¿La respuesta inicialmente dada es suficiente?
Trabajo interno	Comentarios escuchados (saber, saber hacer, ser, estar) (Evidencias)
	Actitudes observadas
	Trabajo procedimental observado
	Domino de los contenidos observado

