

LA CÁMARA OSCURA EN LA CLASE DE CIENCIAS: FUNDAMENTO Y UTILIDADES DIDÁCTICAS

Criado, Ana Ma⁽¹⁾⁽²⁾; del Cid, Rosa⁽²⁾; García-Carmona, Antonio⁽³⁾

⁽¹⁾ Grupo GAIA, ⁽²⁾ Dpto. Didáctica de las Ciencias. Universidad de Sevilla.

⁽³⁾ Área de Ciencias. Colegio Luisa de Marillac. Sevilla.

acriado@us.es; rdelcid@us.es; agarciaca@cofis.es

[Recibido en Junio de 2006, aceptado en Agosto de 2006]

RESUMEN ^{Inglés}

Se describe el uso didáctico de una cámara oscura, construida con una gran caja de cartón, donde se introduce la cabeza. La construcción del recurso y su uso didáctico admiten diferentes niveles de complejidad: desde asomarse al interior y mirar, hasta el desarrollo de un control de variables, como trabajo de investigación escolar. Así, se puede abordar el problema de cómo influyen en la imagen atributos de la cámara, u otros factores como la distancia del objeto a la misma.

Palabras clave: aprendizaje por investigación; cámara oscura.

INTRODUCCIÓN

La meta educativa de la alfabetización científica de la población, desde su inserción en el sistema educativo ha dado pie a estudios conjuntos entre países como el proyecto Pisa (Harlen, 2001), o a iniciativas como el reciente libro sobre *Cómo promover el interés por la cultura científica* (OREAL/UNESCO, 2005). Se intenta que los profesores de Ciencias y Tecnología se esfuercen en crear situaciones de aprendizaje gratificantes para los estudiantes, como las que se pueden propiciar mediante el planteamiento del aprendizaje como investigación.

Las estrategias de enseñanza basadas en la investigación pueden propiciar el aprendizaje de hechos y datos. Estos suministran el referente concreto que necesitan los aprendices para las primeras fases de construcción de los conceptos (Cañal, 1999). Así, por ejemplo, la manera más espontánea de asimilar el concepto de *imagen*, es atribuir esta etiqueta verbal a lo que observamos proyectado en una pantalla.

Pero, además de los principales esquemas conceptuales, las estrategias investigativas favorecen el aprendizaje de procedimientos, la adopción de actitudes, y el desarrollo de capacidades generales de la persona, necesarias para un buen desenvolvimiento en nuestro medio natural, social y tecnológico (Cañal, Pozuelos y Travé, 2005). En particular, la adecuada planificación de una investigación sobre las variables que intervienen en un fenómeno, requiere una organización sistemática de las condiciones

de observación y verificación empírica. Ello supone la adquisición de un alto grado de capacitación en el grupo de estudiantes que lo realicen. Adquirida la técnica del control de variables, se puede trasladar este hábito a la resolución de problemas en el ámbito cotidiano.

La visualización de imágenes con una cámara oscura es de esas experiencias que suelen provocar entusiasmo en los alumnos. Sus expectativas se culminan si, además, el prototipo de cámara ha sido construido por ellos mismos, con materiales accesibles, y en poco tiempo. El conocimiento tecnocientífico adquirido sirve para entender cuestiones tan próximas como el proceso de la visión como algunas vivencias. Nos referimos a la experiencia personal que hemos podido tener cuando, en una habitación a oscuras, donde la luz apenas penetra por pequeñas aberturas, se proyectan en la pared imágenes de objetos móviles del exterior. Habremos observado que esas imágenes se desplazan en sentido opuesto al que se mueven dichos objetos. Se trata de imágenes producidas de modo similar a como se obtienen en una cámara oscura.

La cámara oscura se conoce desde los tiempos de Aristóteles hace más de 2000 años. En el siglo XI, científicos árabes realizaron experiencias con cámaras oscuras, construidas a modo de tiendas de campaña. Cuatro siglos más tarde, se les dota de un objetivo (lente); se reducen de tamaño y se construyen de madera, dándoles forma de caja. Es el origen de todas las cámaras fotográficas actuales.

En algunas ciudades europeas existen cámaras oscuras en torres de alto valor histórico, estratégicamente situadas, que sirven de reclamo turístico, ofreciendo vistas de la ciudad. En nuestro entorno encontramos la "Torre Tavira", en Cádiz, y la "Torre de los perdigones", en Sevilla.

Existen multitud de publicaciones (Hann, 1991; Calvani, 1988; Grepstad, 2005); 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. En una serie televisiva de divulgación científica¹, se describe cómo construirla con una gran caja de cartón en la que se introduce la cabeza. Nosotros la hemos empleado en el aula y hemos ido mejorando progresivamente su diseño y su utilización.

OBJETIVOS

La actividad educativa que venimos realizando como una investigación escolar, también se desarrolló en la II Feria de la Ciencia de Sevilla (SADC, 2004), como una actividad de divulgación científica.

¹ La serie "El Mundo de Beakman" (Beakman's World. Directed by Jay Dubin. Executive producer: Mark Waxman. Produced by Robert Heath), fue emitida a finales de los 90, en el programa "El club de las ideas", de la cadena televisiva andaluza, Canal Sur. Recientemente, ha sido emitida en el programa "Cuatrosfera", de la cadena Cuatro.

El propósito de este trabajo es explicar cómo construir la cámara en dos versiones, una más sencilla y otra más sofisticada, así como mostrar algunas de sus utilidades didácticas en una clase de Ciencias.

INTEGRACIÓN DE LA ACTIVIDAD EN EL CURRÍCULO ESCOLAR

Desde hace ocho años, la experiencia se viene desarrollando con alumnos de Magisterio, dentro de la asignatura optativa Didáctica de la Física y de la Química, como trabajo práctico de la unidad didáctica denominada: *¿Cómo construir conocimiento investigando?*

Hemos de decir que el número de estudiantes matriculados en la asignatura, cada curso, oscila entre 20 y 70. Para llevar a cabo la actividad, los alumnos se organizan en equipos de entre 2 y 5 personas, que se suelen agrupar por la experiencia que ya poseen de trabajar juntos en otras materias y cursos.

La actividad de visualización de imágenes, con esta cámara oscura, se puede realizar en muy diferentes niveles educativos, desde los niveles obligatorios a los no obligatorios. Pensamos que tiene un alto interés didáctico, porque conjuga contenidos científicos y tecnológicos, que invitan a los alumnos a aprender investigando. Así, se tratan contenidos de óptica geométrica y, en general, los relacionados con la fotografía (propagación de la luz, haces de rayos, formación de imágenes, enfoque, nitidez, iluminación,...); el conocimiento del ojo y el fenómeno de la visión; el umbral mínimo de sensibilidad visual, etc. También se ponen en juego procedimientos como la estimación de magnitudes, el establecimiento de relaciones trigonométricas y la semejanza de triángulos. Igualmente, se abordan problemas de tipo técnico como: lograr el oscurecimiento de la cámara, inventar diseños para conseguir diafragmas variables, o que las cámaras sean de longitud variable, etc. La elección de los materiales, y el trabajo con ellos, supone utilizar el ingenio para resolver los diversos problemas que aparecen durante la construcción del artilugio.

USO DIDÁCTICO DE LA CÁMARA

La estrategia de enseñanza que proponemos con la cámara oscura, consta de cinco fases:

Fase I. Presentación del problema a los estudiantes e identificación de las cuestiones centrales

Conocido el sentido de la tarea (una investigación escolar), se muestra una cámara ya construida, o se usa un vídeo didáctico, de unos minutos, mostrando su construcción. (Es fundamental que los alumnos hayan visto un prototipo). Entonces se plantea la siguiente pregunta abierta:

«¿Cómo es la imagen creada en una **cámara oscura**?»

Con objeto de ir acotando el problema de la investigación, se proponen los siguientes interrogantes más específicos:

- *¿Qué características podemos apreciar en una imagen proyectada?*
- *¿De qué factores dependen las características de la imagen?*
- *¿Qué factores influyen en la luminosidad, tamaño y nitidez de la imagen?*
- *¿Tiene distancia focal la cámara oscura?*
- *En general, ¿cuáles son las dimensiones óptimas de los diferentes elementos de la cámara para que sea factible la experiencia en la escuela?*

Ante los interrogantes anteriores, conviene que los estudiantes, por equipos, respondan por escrito, sus tentativas de respuesta, en dos hojas idénticas, una para el profesor y otra que conservarán ellos para confeccionar el informe de la investigación.

Es recomendable que el profesor recoja las hojas de respuestas escritas y tenga conocimiento de las mismas antes de la sesión siguiente, a fin de tenerlas en cuenta en su intervención, cuando se hace la puesta en común de esta primera fase.

Fase II. Planificación de la solución

Paso1: Consulta de fuentes de información (como la suministrada en el [anexo 1](#)), comparación de las respuestas personales con la nueva información y revisión de las mismas, si es el caso. Elaboración de un resumen de todo ello, en una tabla como la del [anexo 2a](#).

Paso2: Construcción de la cámara (se detalla más adelante) y fijación, en el propio cartón, de los valores de tamaños del diafragma, así como de su longitud máxima y mínima.

Paso 3: Preparación de una tabla de recogida de observaciones y datos. En el [anexo 2b](#) se muestra una tabla para su recopilación, si bien, se aconseja que cada grupo se dedique a una sola de las variables que se proponen. La experiencia nos indica que la investigación de todas las variables excede lo que, razonablemente, pueden hacer la mayoría de los alumnos. Lo ideal sería que cada grupo investigue una variable común a todos los equipos y otra de su libre elección. Asimismo, se recomienda que cada variable sólo tenga dos o tres niveles, bien diferenciados. Por ejemplo, en el caso de la variable "diámetro del diafragma", se estudiará la variación de la imagen, entre los valores de 0,5cm y 1,5cm de apertura. También se debe dejar a la diligencia de los equipos, especialmente motivados, que, además, realicen un cruce de variables (por ejemplo: [*tamaño del diafragma – profundidad de la cámara*], o [*distancia objeto cámara – profundidad de la cámara*], etc.). Obviamente, las diferencias en el tipo y la cantidad de trabajo realizado deben influir en la evaluación y calificación de la investigación escolar. Ello se avanzará a los estudiantes, por ejemplo, como indicamos en el [anexo 3](#).

Fase III. Desarrollo de la parte empírica de contrastación de hipótesis

Cada grupo, con la tabla de recogida de datos, sale a un patio exterior, un día soleado, y realiza con su cámara las comprobaciones pertinentes.

Fase IV. Redacción del informe definitivo

Se centrará en resumir las hipótesis, los resultados y las conclusiones de la investigación escolar. Para ello, se puede seguir el guión mostrado en el [anexo 3](#), que los alumnos tendrán en sus manos desde la fase I.

Fase V. Puesta en común

Cada grupo expone al resto de la clase: las conclusiones definitivas de su investigación, los resultados no concluyentes y los efectos no esperados. Al profesor le corresponde regular la sesión con objeto de que no resulte repetitiva y tediosa. Además, cada grupo debe realizar una selección de la información a comunicar y, a medida que se van sucediendo las exposiciones, sólo indicar si sus resultados coinciden con algunos de los ya expuestos, y añadir aspectos novedosos. Con todos los datos, el profesor o un grupo previamente avisado, realiza la recapitulación final.

CONSTRUCCIÓN Y USO DE LA CÁMARA OSCURA

Prototipo sencillo

Consta de una caja de cartón procedente, por ejemplo, del embalaje de un electrodoméstico, del tamaño de un televisor o un horno. Es decir, con una longitud mínima de 50 cm, y unos 50 cm de alto.

Las relaciones conocidas entre el tamaño del diafragma y la profundidad óptima en una "pinhole camera" (Calvani, 1988; Monje, 1998), indican que cuanto más larga sea, mayor será el tamaño admisible del diafragma. Pero si se prolonga mucho más de 80 cm tendremos dificultades para su manejo mediante los brazos estirados de una sola persona.

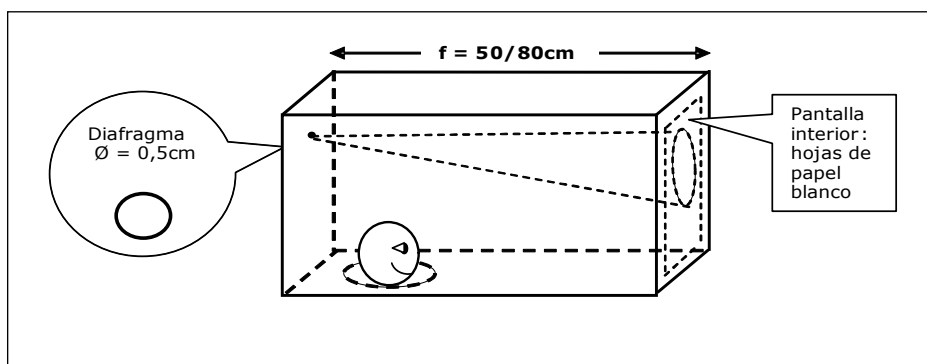


Figura 1.- Cámara oscura realizada con la caja de cartón de un aparato de T.V.

Como material, mínimo, además de la caja, necesitaremos:

- Unos folios blancos que van a hacer de pantalla.
- Cinta aislante negra para sellar todas las uniones y rendijas.
- Tijeras o cutter.

- Bolsas de basura negras, o tejido oscuro, para tapar rendijas en el agujero hecho para meter la cabeza.

Las modificaciones que hay que hacer a la caja se pueden seguir fácilmente, observando la caja mostrada en la figura 1:

- Pantalla: tapizamos interiormente, la cara indicada, con folios blancos, hasta obtener una pantalla blanca opaca.
- Diafragma: en la cara opuesta, practicamos un orificio de 0.5 cm de diámetro (la punta de un bolígrafo BIC), teniendo en cuenta las siguientes precauciones:
 - ✓ ha de realizarse en la zona superior, para no taparlo con la cabeza.
 - ✓ han de eliminarse restos de cartón que quedarán en los bordes al hacer la perforación para dejar un orificio limpio, que no proyecte sombras extrañas en la pantalla.
- En la base de la caja, cerca del lateral donde se encuentra el diafragma, se practican unos cortes y el menor agujero posible para poder introducir la cabeza.
- Por último, se sellan todas las esquinas y aberturas con cinta adhesiva negra. Hasta conseguir que la caja quede completamente opaca a la luz, se necesita realizar varias pruebas, detectando todas las rendijas a tapar. Al pegar la cinta adhesiva, se procurará no estirarla porque, con el tiempo, tiende a contraerse y, por tanto, a despegarse.

Todas estas operaciones, realizadas por un de grupo de estudiantes adultos, como los de Magisterio, suele llevar casi una hora.

5.1.1 Recomendaciones para una buena visualización de imágenes

1. Los objetos que vayamos a observar con la cámara han de estar iluminados por la luz directa del sol. De esta forma se verán perfectamente sus formas y colores. Sin embargo, la observación en un día nublado puede ser bastante decepcionante. Dentro de un aula con luz artificial sólo las personas con un umbral de sensibilidad visual bajo pueden percibir siluetas.
2. Es fundamental que sólo entre luz por el diafragma, de modo que hay que tapar bien el hueco del cuello con material oscuro, y sellar cualquier rendija detectada en la caja.
3. Antes de que aparezcan las imágenes en la pantalla, es necesario esperar unos instantes hasta que la vista se adapte a la oscuridad.
4. Si se desea observar personas, éstas deben llevar ropa de colores vivos.

5.2 Prototipo sofisticado

Con la cámara sencilla descrita podemos averiguar, por ejemplo, si observar un objeto cercano o lejano, influye en que la imagen parezca más o menos nítida; o si produce un efecto de cambio en el tamaño de la imagen. Pero, si deseamos conocer algo tan determinante como la influencia del tamaño del diafragma, o si nos planteamos

investigar los factores que influyen en características de la imagen inapreciables, a simple vista (luminosidad, tamaño y nitidez), es preciso perfeccionar la cámara anterior.

Proponemos, para ello, tres modificaciones a la cámara anterior:

- A. Poner una cuadrícula de referencia en la pantalla.
- B. Cambiar el diámetro del diafragma.
- C. Cambiar la profundidad de la cámara, la distancia diafragma–pantalla.

Además, para que sea una auténtica cámara oscura, la caja de cartón se puede forrar interiormente con cartulina negra (excepto la pantalla, se entiende), o confeccionar toda la cámara con esta cartulina.

El material que hay que añadir al prototipo anterior será, básicamente, cartulina negra. La confección completa de la cámara requiere unas 5 láminas de 50x65 cm² (9 láminas si ponemos cartulina doble en los laterales del cuerpo de la cámara).

A. Pantalla con cuadrícula de referencia

Antes de tapizar con folios la pared que servirá de pantalla, dibujaremos en ellos la cuadrícula. En nuestro caso, hacemos varios rectángulos concéntricos, separados 1 cm, y con rotulador oscuro, de trazo grueso. Además, para la visualización de los colores, es importante que la pantalla sea blanca, no translúcida.

B. Diafragma de diámetro variable

En la zona del diafragma, en vez de realizar una pequeña perforación, recortamos una ventana de unos 2x2 cm², (figura 2), delante de la cual irán cartulinas negras con los diafragmas de diferentes tamaños. A fin de poder cambiar el diámetro del diafragma, mientras un participante observa el cambio en la imagen, utilizamos dos tipos de diseños (figura 3).

El diseño “a”, consiste en un círculo de cartón, al que se le han hecho agujeros circulares de diversos tamaños. Se sujeta en el exterior de la cámara con un encuadernador que atraviese el centro del círculo y la pared de la cámara. Antes de perforar se comprueba que, al girar, deja delante de la ventanita el diafragma con el diámetro deseado. Luego se abren las patillas del encuadernador por el interior de la cámara.

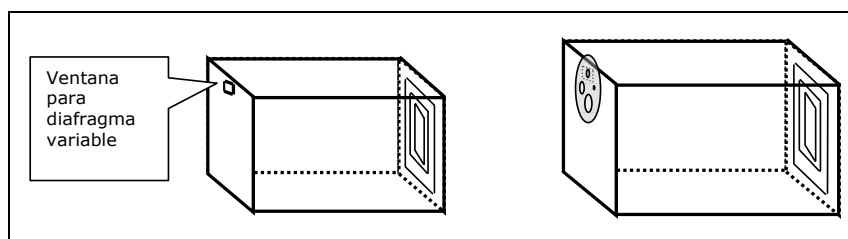


Figura 2.- Pantalla con rectángulos de referencia y ventana para diafragma variable.

El otro diseño (figura 3.b), consiste en una tira rectangular con los diafragmas deseados, que se desliza horizontalmente delante de la ventana. La tira se sujeta a la pared exterior de la cámara con sendas tiras verticales de cartón fijadas con cinta adhesiva.

Los diámetros de los diferentes diafragmas se encontrarán por encima y por debajo de unos 0,5 cm, que es una dimensión adecuada. Por debajo de ella, las imágenes son más nítidas, pero poco iluminadas para el umbral de sensibilidad visual humano. Por encima, las imágenes se hacen ostensiblemente borrosas. Con objeto de que se vean estas diferencias claramente, en el control de la variable "diámetro del diafragma", se pueden establecer tres o cuatro valores en esta variable. Aconsejamos que los valores del diafragma oscilen entre 0,2 cm y 1,5 cm.

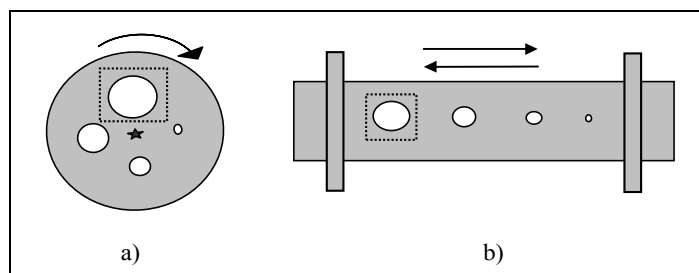


Figura 3.- Diseños de diafragmas variables.

C. Cámara de profundidad variable

La figura 4 muestra cómo realizar cámaras de longitud variable. La de la derecha se confecciona con dos cilindros concéntricos de cartulina negra y permite variar más cómodamente la longitud de la cámara.

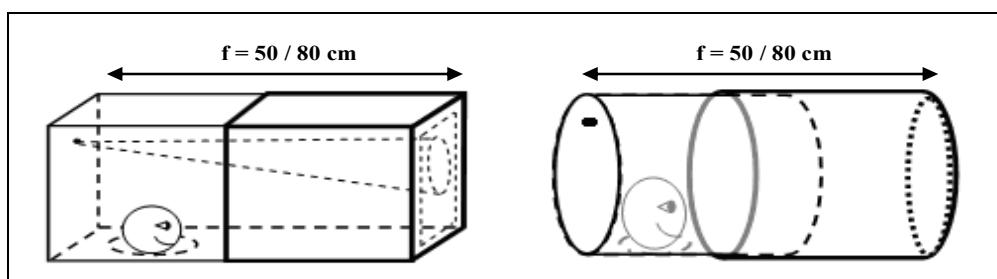


Figura 4.- Cámaras oscuras con distancia variable entre diafragma y pantalla.

Si la longitud del cilindro exterior es mayor que la del brazo, conviene rotular y pegar la pantalla en la tapa-base, antes de adosarla al cilindro; al contrario resulta muy complicado.

DIFICULTADES HABITUALES DE LA CONSTRUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE LA CÁMARA OSCURA

A. Dificultades de tipo técnico:

- En la cámara de sección rectangular, las dos cajas han de ensamblar de forma ajustada, con el fin de evitar la entrada de luz, si bien, ello hace que la cámara se alargue y acorte con mayor dificultad.

- Para que la cámara cilíndrica posea una rigidez adecuada, y no se doblen sus laterales al manipularla (debido a la poca firmeza del material), es recomendable poner láminas dobles de cartulina. También puede que aparezcan rendijas entre las uniones de cada base cilíndrica y pase la luz. Ello se puede subsanar si los círculos de las bases tienen un radio que exceda unos 5 cm al del cilindro correspondiente. Para acoplar cada base al cilindro, se dobla por ese borde excedente, se le practican unos cortes, formando una tapa, y luego se fija al cilindro con cinta adhesiva.
- Respecto al diafragma de diámetro variable, si se hace un círculo pequeño, al girarlo se separa de la ventana de la cámara, entonces la entrada de luz no se limita a lo que admita la apertura del diafragma. Ello disminuye el contraste de la imagen como cualquier abertura que provoque la entrada de "claridad" en el interior. La tira horizontal suele ir mejor en ese sentido.
- También cabe destacar otras dificultades habituales en los alumnos, a consecuencia de no seguir las instrucciones de fabricación suministradas como, por ejemplo: a) Elegir una caja demasiado pequeña; b) colocar el diafragma muy bajo y, por tanto, se tapa con la cabeza; c) hacer el hueco para introducir la cabeza demasiado cerca de la pantalla, etc.

B. Dificultades durante la realización de la experiencia:

- No esperar unos instantes a que la vista se adapte a la oscuridad y concluir, precipitadamente, que "no se ve nada".
- No ubicarse adecuadamente a la hora de observar el objeto. La ubicación adecuada es la indicada en la figura 5, esto es, orientando el diafragma hacia el objeto, directamente iluminado por el sol. Así, el objeto queda a la espalda del cuerpo del observador y el sol delante de éste. Es frecuente que los estudiantes orienten su cuerpo "mirando" hacia el objeto y con el diafragma de la cámara orientado hacia el sol, que queda a su espalda. Esta posición sólo ofrecería imágenes interesantes cuando estuviera ocurriendo un eclipse.

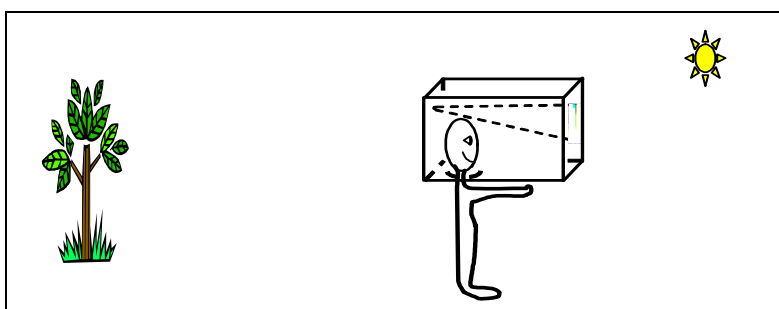


Figura 5.- *Cómo colocarse para observar adecuadamente con la cámara oscura.*

CONSIDERACIONES FINALES

Durante los últimos cursos académicos, hemos ido profundizando en los factores que los alumnos podían manipular de la cámara, con el fin de investigar sus efectos en las

características de la imagen; si bien, todavía quedan aspectos que no hemos podido esclarecer como son los que siguen.

Según las relaciones matemáticas entre el tamaño del diafragma y la distancia diafragma–pantalla (Calvani, 1988, Monje, 1998, Grepstad, 2005), las cámaras con mayor distancia entre diafragma y pantalla admiten diámetros de diafragma mayores, con imágenes que se perciben mejor. Sin embargo, estas relaciones son idóneas para la “pinhole camera”, cuyo diafragma es tan pequeño que sólo el papel fotosensible (expuestos durante varios minutos), puede “apreciar” la imagen. En el caso de nuestra cámara no es así; entre otras cosas, porque la ganancia de luminosidad y los factores debidos al poder de resolución del ojo, así como su umbral de sensibilidad visual, han de ser tenidas en cuenta. De modo que nos preguntamos: ¿cuáles serían las dimensiones ideales de esos parámetros, para una cámara de visualización directa como la descrita? Las pruebas que hemos hecho, con la participación de varios grupos de estudiantes, aún no nos han llevado a resultados concluyentes.

Además, sería interesante profundizar en aspectos tales como, por ejemplo: ¿cuál es la influencia del tamaño del objeto, y su distancia a la cámara, en la nitidez de la imagen?

Confiamos en que otros profesores, interesados en este artefacto rudimentario, puedan aportar conclusiones interesantes a todas esas cuestiones y, en consecuencia, mejoren su utilidad didáctica.

REFERENCIAS

- CALVANI, P. (1988). *Juegos científicos*. Madrid: Pirámide.
- CAÑAL, P. (1999). Investigación escolar y estrategias de enseñanza por investigación. *Investigación en la Escuela*, 37, 15-36.
- CAÑAL, P.; POZUELOS, F.J. y TRAVÉ, G. (2005) *Proyecto curricular Investigando Nuestro mundo 6-12. Vol. I. Descripción general y fundamentos*. Sevilla: Díada.
- CRIADO, A.M.; DEL CID, R. y GARCÍA CARMONA, A. (2006). La cámara oscura en la clase de Ciencias. El tamaño de la imagen. *Actas de los XXII Encuentros de didáctica de las Ciencias Experimentales*. Universidad de Zaragoza.
- GREPSTAD, J. (2005). *Pinhole Photography-History, Images, Cameras, Formulas*. En: <http://home.online.no/~gjon/index.htm>. Última consulta: 23 de mayo de 2006.
- HANN, J. (1991). *Los amantes de la Ciencia*. Barcelona: Blume.
- HARLEN, W. (2001). The Assessment of Scientific Literacy in the OECD/PISA Project. *Studies in Science Education*, 36, 79-104. En línea: www.Pisa.oecd.org. Última consulta: 23 de mayo de 2006.
- MONJE, L. (1998). *Curso de Iniciación a la Fotografía Científica*. En: <http://www.difo.uah.es/curso/indice.html>. Última consulta: 23 de mayo de 2006.
- OREAL/UNESCO (2005) ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años. *Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014)*. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. OREAL/UNESCO-

- Santiago. A. Accesible en <http://www.oei.es/decada/libro.htm> y en http://www.unesco.cl/medios/biblioteca/documentos/como_promover_interes_cultura_cientifica.pdf. Última consulta: 31 de mayo de 2006.
- PARENTE, P. (2005). *Lego pinhole camera*. En línea: http://www.cs.unc.edu/~parente/igv/hw1/parente_hw1.html. Última consulta: 23 de mayo de 2006.
- SADC (Sociedad Andaluza para la Divulgación de la Ciencia) (2004). Proyecto: Investigando nuestro mundo: Electrones y Colores. Sevilla: *II Feria de la Ciencia: Ciencia Viva, Ciencia Compartida*, 2004. En: <http://www.cienciaviva.org/presenta.html>. Última consulta: 31 de mayo de 2006.

ANEXO 1. FUNDAMENTACIÓN FÍSICA DE LA CÁMARA OSCURA

FUNCIÓN DEL DIAFRAGMA

Muchos dispositivos ópticos dejan pasar la luz a través de un pequeño orificio o diafragma, por ejemplo, la pupila en el ojo. ¿Qué función tiene esa selección de los rayos? Veámoslo en la figura 1, en la que tenemos un muñeco delante de una pared blanca (pantalla):

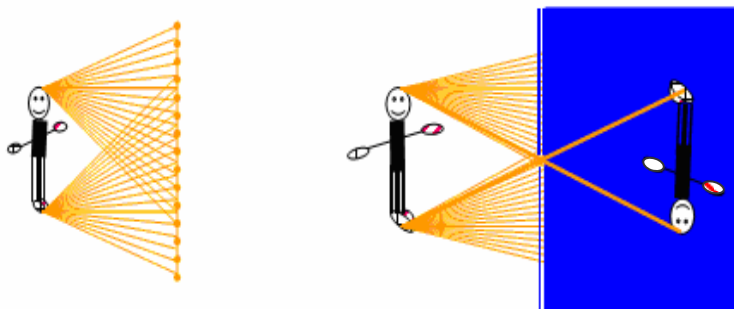


Figura 1.- a) Un muñeco iluminado refleja los rayos de luz, en todas direcciones, y estos se dirigen a una pantalla. b) El diafragma provoca un efecto seleccionador de los rayos.

Supongamos que el pequeño agujero no existe y que colocamos delante de un muñeco iluminado, una pantalla, un negativo, o papel sensible, en espera de que se reproduzca la imagen. El resultado no llegaría nunca, la imagen no aparece proyectada porque todos y cada uno de los puntos del sujeto reflejarían rayos en todas las direcciones (reflexión difusa), hacia todos y cada uno de los puntos de la pantalla.

¿Por qué en la cámara oscura sí aparece imagen? La clave está en el diafragma. Imaginemos el muñeco iluminado por el Sol. Hemos dicho que cada punto del muñeco iluminado refleja rayos luminosos en todas direcciones. Si interponemos una pared con un pequeño orificio, sólo pasarán algunos rayos hacia la pantalla, 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 proyección de puntos-imagen procedente de un solo tipo de puntos del objeto. Por tanto, se forma una imagen; es decir, se limita la luz procedente de cada punto del sujeto a un solo haz. Los haces provenientes de otros puntos están en diferentes ángulos de incidencia, por lo que no inciden en la misma zona de la pantalla. La imagen se forma porque hay una correspondencia entre punto-objeto y punto-imagen.

CARACTERÍSTICAS DE LA IMAGEN

¿Cómo son las imágenes?

Las imágenes aparecen invertidas, por los motivos que ya se han expuesto (cabe evocar nuestros conocimientos de geometría y preguntarnos qué tipo de simetría guardan entre sí el objeto y la imagen). Otras características de la imagen son su limitada nitidez e luminosidad. Veámoslo con más detalle.

¿De qué depende la luminosidad de la imagen?

La luminosidad de la imagen depende de varios factores:

- La **intensidad de la luz** que ilumina el objeto (que es una variable ajena a la cámara). Esta cámara rudimentaria es muy sensible a las variaciones de este factor. De hecho, sólo si el objeto está iluminado por la luz directa del Sol radiante, se podrán ver imágenes coloreadas.

- La longitud o **profundidad de la cámara**: a medida que ésta aumenta, la energía luminosa que forma la imagen se distribuye en una superficie mayor en la pantalla, dando una imagen cada vez menos iluminada.
- El **diámetro del diafragma**: un inconveniente de la cámara oscura que proponemos, es su escaso poder de transmisión de luz o "sensibilidad", debido a la débil magnitud de energía luminosa que pasa a través del diafragma. Para dejar pasar suficiente luz interesaría que éste fuera grande pero, como veremos, las imágenes serían borrosas.

¿De qué depende el tamaño de la imagen en la cámara oscura?

En principio, el tamaño de la imagen podría depender de los siguientes factores:

- Una variable ajena a la cámara como es la **distancia objeto-cámara**, como se puede apreciar en la figura 2. Es decir, los objetos alejados de la cámara se ven más pequeños que los que están cercanos, de la misma forma que ocurre habitualmente con nuestra vista. Esto se aprecia cuando, por ejemplo, estamos observando a un compañero que pasa de estar a 2 m de la cámara, a 4 m de ella.
- La **profundidad de la cámara**: cuando observamos objetos cercanos, como un compañero a pocos metros de la cámara, con una ampliación de la longitud de la cámara en unos 20 cm, será suficiente para que aparezca una imagen de tamaño apreciablemente mayor, tal como se puede deducir de la figura 3a. Pero si observamos objetos lejanos, como un edificio del otro lado de la calle, no se dan las proporciones necesarias y la distancia del objeto a la cámara es casi "infinito", comparada con las variaciones en su profundidad (figura 3b). Utilizando razonamientos relativos a triángulos semejantes y teniendo en cuenta las proporciones, podemos estimar en qué valores se notarán cambios de tamaño perceptibles en la imagen (Criado, del Cid y García-Carmona, 2006).

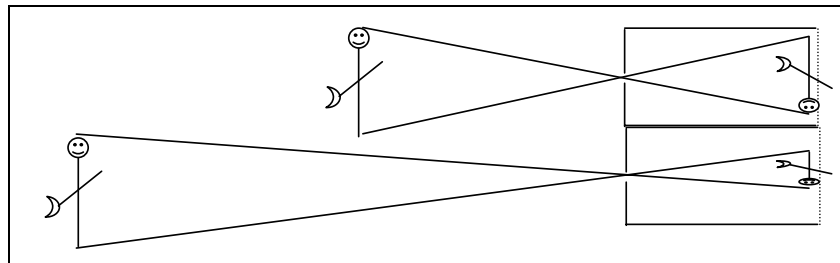


Figura 2.- Variación del tamaño de la imagen por cambios en la distancia objeto-cámara.

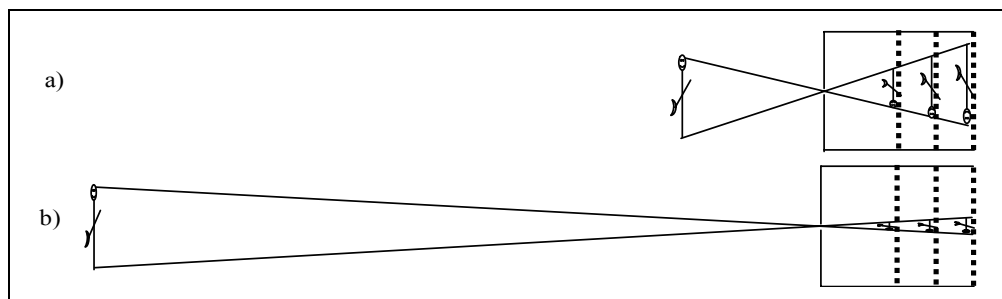


Figura 3.- Variación del tamaño de la imagen y proporciones entre la profundidad de la cámara, el tamaño del objeto y la distancia: a) La distancia, el tamaño del objeto y la profundidad de la cámara, tienen dimensiones parecidas: un alargamiento cambia el tamaño de la imagen; b) La relación distancia/tamaño del objeto es muy grande, respecto a la profundidad de la cámara: un alargamiento no produce cambios perceptibles en el tamaño de la imagen.

¿De qué depende la nitidez de la imagen?

La cámara oscura produce imágenes necesariamente borrosas porque el diafragma, por muy pequeño que sea, no es un punto, sino que es bidimensional. Ello hace que por el diafragma no pasa "un rayo", sino un haz cónico de rayos. De esta forma, a cada punto del objeto le corresponde una mancha elíptica como imagen, en vez de otro punto-imagen. Como se aprecia en la figura 4, un diafragma grande producen grandes manchas-imagen y uno pequeño, lo contrario. En consecuencia, las imágenes serán más nítidas a medida que el diámetro del orificio sea menor. Pero si se hace muy pequeño, la cantidad de luz que penetra en la cámara no es suficiente como para que se alcance umbral de sensibilidad visual del ojo humano. Si el diafragma es de 1 o 2 mm, un papel fotosensible captaría la imagen, pero el ojo humano no la percibe. En la práctica, un diafragma que oscile entre 0,4 y 0,7 mm produce imágenes satisfactorias respecto al compromiso luminosidad-nitidez.

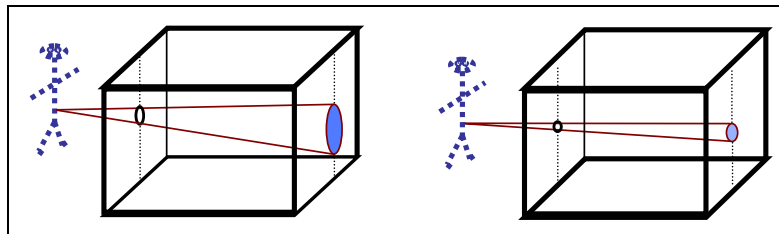


Figura 4.- Un punto del objeto se proyecta como una mancha en la imagen. Esas manchas-imagen son menores a medida que la apertura del diafragma es menor.

Otra de las razones de la falta de nitidez en la cámara oscura (además de la formación de manchas-imagen), es la superposición de manchas correspondientes a puntos-objeto consecutivos. Cuanto mayor sea el diafragma, mayor será la superposición de las mismas.

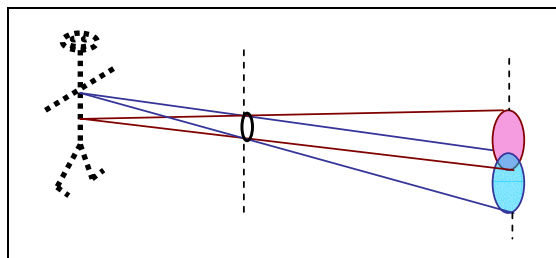


Figura 5.- Dos puntos-objeto, separados, aparecen como dos manchas-imagen superpuestas.

En la construcción de cámaras fotográficas se usan lentes - objetivo que hacen converger los haces de luz en puntos- imagen. En esta cámara, para obtener imágenes de calidad óptima, el diámetro del diafragma será lo más pequeño posible para ganar nitidez, pero lo suficientemente grande para obtener un mínimo de luminosidad.

ANEXO 2. EJEMPLOS DE TABLAS PARA RESUMIR LAS HIPÓTESIS, PLANIFICAR LA INVESTIGACIÓN EMPÍRICA Y COMPARAR LOS RESULTADOS CON LAS HIPÓTESIS

a) Ejemplo de TABLA DE "FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS"			
CARACTERÍSTICAS DE LA IMAGEN	HIPÓTESIS SOBRE QUÉ VARIABLES O FACTORES PUEDEN INFLUIR EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA IMAGEN Y CÓMO INFLUIRÁN		
DESCRIPCIÓN	TIPO DE VARIABLE A INVESTIGAR	RAZONES POR LAS QUE INFLUYE EN LA IMAGEN (FUNDAMENTACIÓN DE LA HIPÓTESIS)	FORMA EN LA QUE POSIBLEMENTE INFLUYE ESA VARIABLE EN LA IMAGEN
Luminosidad de la imagen	Variable de la cámara: 1. Profundidad		
	Variable de la cámara: 2. Diámetro del Diafragma		
Tamaño de la imagen	Variable ajena a la cámara: 1. Distancia objeto-cámara		
	Variable de la cámara: 2. Profundidad		
Nitidez de la imagen	Variable de la cámara: 1. Diámetro del Diafragma		
	Variable de la cámara: 2. Profundidad		

b) Ejemplo de TABLA DE "RESULTADOS Y CONCLUSIONES"				
CARACTERÍSTICA DE LA IMAGEN	VARIABLE	NIVELES O VALORES DE LA VARIABLE	RESULTADOS: FORMA EN LA QUE INFLUYE EN LA PRÁCTICA ESA VARIABLE EN LA IMAGEN	CONCLUSIONES (comparación hipótesis – resultados)
Luminosidad	1. Profundidad	50 cm		
		80 cm		
	2. Diámetro del Diafragma	0.5cm		
		1,5cm		

ANEXO 3. FORMATO DEL INFORME Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

El **INFORME** constará de lo siguiente:

0. Portada

1. Enunciado del problema y división en partes o problemas más concretos. (Ello consiste en actuaciones del tipo siguientes: identificación de las variables que afectan al fenómeno, niveles o modalidades que pueden tomar esas variables, selección de las variables a controlar, selección de los cruces de variables a realizar,...).

2. Procedimiento y material de la experiencia a realizar:

Breve esquema y dibujo.

Enunciado de dificultades encontradas, efectos no esperados y cómo se han resuelto.

3. Cuadro o tabla con formulación de hipótesis (a ser posible, fundadas).

4. Tabla con recogida de datos (resultados) detallando valores numéricos (diafragmas distancias,...) y qué tipo de objetos se observan.

5. Resultados de la comprobación de las hipótesis establecidas, y resumen de las conclusiones más importantes. Indicación de los casos de interpretación insegura (resultados no concluyentes y dudas).

6. Efectos no esperados y/o modificaciones que se sugieren para la mejora de la cámara.

7. Bibliografía utilizada.

CRITERIOS CON LOS QUE SE EFECTUARÁ LA EVALUACIÓN DEL TRABAJO PRÁCTICO:

Exposición en clase: se tomará nota de si se expresa claramente cuál es el problema investigado. Si se seleccionan algunas de las hipótesis formuladas; si se hace una distinción clara de algunas de las variables estudiadas; si se relacionan las hipótesis elegidas para la exposición, con los resultados obtenidos y, en general, si se sabe resumir los aspectos más destacables (se evita bombardear al público con cantidades de datos y detalles que dificulten la obtención de ideas claras).

Informe: se prestará especial atención al cuadro de hipótesis de partida y al resumen final. De cada apartado, se valorará lo realizado en tres niveles:

Nivel I. Se ha realizado menos de lo que se solicitó: se omiten aspectos, o bien hay errores por no seguir atentamente las instrucciones. (Las hipótesis, naturalmente, pueden ser no válidas, ¡son hipótesis!).

Nivel II. Se ha realizado lo que se solicitó.

Nivel III. Lo realizado supera lo que se ha solicitado.

Concreción de los aspectos a tener en cuenta en la valoración del informe:

Aspecto (A): "Cantidad del contenido del trabajo": Relación: nº variables o niveles investigados / nº autores-as.

Aspecto (B) "Calidad del contenido del trabajo": No contiene errores debidos a la falta de una lectura previa y atenta de las instrucciones. Se realiza el trabajo según las indicaciones dadas (formulación de hipótesis y planificación; se presentan los resultados ordenados y en una tabla; se comparan las hipótesis con los resultados, de forma razonada; se emiten conclusiones, se indican los hechos no esperados, los aspectos que han quedado dudosos, etc.). El modo de expresión no abusa del "relato", sino que abundan formas propias de la comunicación científica:

Se aporta bastante información en poco espacio (tablas, gráficos, dibujos).

Se resaltan los aspectos importantes.

Se hacen explícitas las conclusiones más relevantes y los resultados no concluyentes.

Aspecto (C): Forma de presentar el trabajo: Bien organizado, facilita su lectura, páginas numeradas, con índice, bibliografía,...

Aspecto (D): Creatividad: Se aportan nuevos aspectos inventados, o no sugeridos en la guía, que mejoran la calidad del trabajo.

THE DARKROOM IN SCIENCE CLASSROOM: FOUNDATION AND DIDACTIC UTILITIES

SUMMARY

This paper describes how to use in the classroom a darkroom, which can be obtained by modifying a big cardboard box into which the head is put. The making of the resource itself and its didactic use allow different levels of complexity: from leaning into the interior and simply looking at it, to the development of a control of variables in the contexts of an inquiry-based school work. This way we tackle the problem of how attributes of the camera or other factors, like the distance to it, influence the image.

Keywords: *inquiry based learning; darkroom, pinhole camera.*