

# La cámara oscura en la clase de ciencias. El tamaño de la imagen.

Ana M<sup>a</sup> Criado <sup>(1)(2)</sup>; Rosa del Cid <sup>(2)</sup> y Antonio García-Carmona <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Grupo GAIA, <sup>(2)</sup> Dpto. Didáctica de las Ciencias. Universidad de Sevilla. <sup>(3)</sup> Área de Ciencias. Colegio Luisa de Marillac. Sevilla. acriado@us.es; rdelcid@us.es; agarciaca@cofis.es

**Resumen:** En este trabajo se describe una actividad didáctica, realizada por maestros en formación, que forma parte de la unidad: *¿Cómo aprender investigando?*. Se muestra cómo, en el marco de una investigación escolar sobre la cámara oscura, se propicia que los estudiantes lleven a cabo una revisión de hipótesis, utilizando argumentos cualitativos. Además, se describe una propuesta de profundización, en esa revisión de hipótesis de corte más cuantitativo, que ensayaremos con los estudiantes a partir del curso próximo.

**Palabras clave:** aprendizaje por investigación, cámara oscura, formulación y revisión de hipótesis.

**Title:** The pinhole camera (dark room) in science classroom. The image size

**Abstract:** This paper describes part of a practical work, carried out by preservice teachers, related to the unit: *'How to learn by inquiry?'*. It shows how, in the context of an inquired-based approach to teaching, on the pinhole camera, our students are encouraged to carry out a hypothesis revision, using qualitative arguments. Besides, it describes a quantitative methodology proposal to study in depth the hypothesis revision to be tested next courses.

**Key words:** inquiry based learning, dark room, camera obscura

## Introducción y objetivos

En este trabajo describimos una propuesta de trabajo práctico con una cámara oscura casera<sup>1</sup>, que se diseñó y experimentó con objeto de promover estrategias de aprendizaje por investigación (Cañal, 1999) en maestros en formación. Explicamos cómo propiciamos que nuestros alumnos lleven a cabo un proceso de revisión de las hipótesis iniciales, utilizando argumentos cualitativos. Realizamos, también, una propuesta de profundización, de corte más cuantitativo, que ensayaremos a partir del curso próximo.

El objetivo inicial de la experiencia consiste en que los estudiantes encuentren un resultado que, posiblemente, contradiga sus primeras tentativas de respuesta. De este modo se propicia, expresamente, el proceso de

---

<sup>1</sup> No se refiere a la popular cámara de hacer fotos sobre papel fotosensible, denominada *cámara estenopeica* o *pinhole camera* (Hann, 1981; Calvani, 1988; Parente, 2006), sino a una gran caja (*dark room*) donde introducir la cabeza y observar directamente una imagen en colores e invertida.

reformulación de aquéllas y la búsqueda de nuevas explicaciones, con objeto de que concilien las predicciones teóricas con los resultados experimentales.

Todo ello se lleva a cabo dentro de una investigación escolar, acerca de las características de la imagen proyectada en una cámara oscura, donde los estudiantes se van a encontrar con que, en algunos casos, al aumentar la profundidad de la cámara, no se aprecia un cambio en el tamaño de la imagen.

Además de los objetivos señalados, en esta actividad se aprenden y aplican –integrados de manera natural– contenidos (conceptuales y procedimentales) de Óptica, Matemáticas y Tecnología; y se desarrollan objetivos actitudinales relacionados con la investigación escolar y el diseño de artefactos tecnológicos.

Desde hace ocho años, la experiencia se viene desarrollando con alumnos y alumnas 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?*.

### **Aspectos metodológicos de la puesta en práctica e instrumentos**

La identificación de las posibles ideas previas, sobre las características de la imagen en la cámara oscura, se realiza solicitando a los estudiantes que entregasen sus hipótesis por escrito. Es decir, una vez presentada la investigación escolar, y conocido el problema, completan un cuestionario abierto de tres preguntas similares, que han de responder con dibujos y frases explicativas. La referida al tamaño de la imagen es:

*2a) Indica qué modificación(es) de la cámara alterarían el tamaño de la imagen. (Descripción)*

*2b) Razona tu respuesta y para ilustrarla realiza dibujos. (Fundamentación)*

El seguimiento del desarrollo de la investigación escolar se refleja en el diario del profesor, recogiendo las preguntas más significativas surgidas en los grupos, las dificultades al acotar las variables a controlar y para llevar a cabo las comprobaciones empíricas, los resultados de la puesta en común, etc.

Un último instrumento de recopilación de datos es el *informe* que los grupos entregan al final de la experiencia.

Los tres primeros años sirvieron de experiencia piloto para ir depurando: las preguntas sobre las hipótesis, las instrucciones, el diseño tecnológico de la cámara, el diseño del informe final, y todo el desarrollo de la experiencia.

### **Descripción del trabajo práctico. Fases de la investigación escolar**

#### *El problema planteado*

Como ejemplo de que una investigación se inicia debido a la existencia de una pregunta sin respuesta inmediata, se les plantea a los estudiantes que indaguen sobre el siguiente *problema*:

«¿Qué características tendrá la imagen apreciada en la cámara oscura?»

Con el objetivo de acotar el problema y centrar la atención de los alumnos en las variables que nos interesan, se les pregunta por la iluminación, la nitidez y el tamaño de la imagen. Si bien, aquí nos centramos en esta última.

I. Para llevar a cabo el trabajo práctico se les propone la construcción de una cámara oscura, con una gran caja de cartón (figura 1), o con cilindros de cartulina negra. Se les proporcionan las instrucciones precisas, tal como se describe en otro trabajo (Criado, del Cid y García-Carmona, en prensa<sup>1</sup>), y se refuerzan con la ayuda de una copia doméstica de un vídeo educativo<sup>2</sup>.

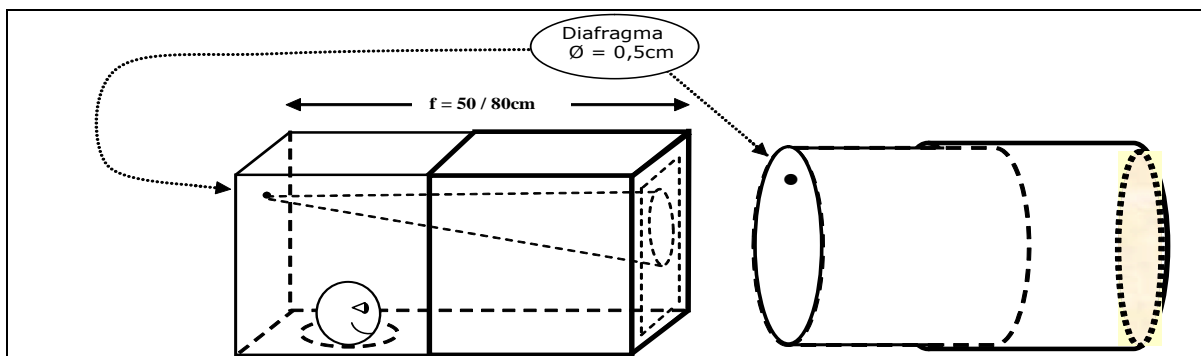


Figura 1: Cámara oscura realizada con una caja de cartón o con cartulina negra. El observador ha introducido su cabeza en ella y la sostiene con las manos.

II. Una vez planteado el problema, se les pide que formulen sus hipótesis por escrito. Esto los orienta hacia los factores que puedan afectar a las características de la imagen (factores relativos a la cámara como el tamaño del diafragma, o ajenos a la cámara como la distancia del objeto a la misma). Después consultan un documento elaborado como fundamentación científica de la cámara oscura (que se detalla más adelante), revisan sus hipótesis y pasan a la preparación de una tabla para la toma de datos.

III. A continuación, realizan sus comprobaciones empíricas con la cámara y anotan los datos en la tabla. Esto lo pueden realizar visualizando edificios próximos desde las ventanas del aula y también observando a un compañero, saliendo a los patios y galerías con luz solar.

IV. Recabados los datos, cada grupo escribe un informe que consiste en completar las tablas donde relacionan hipótesis, resultados definitivos y no concluyente, y resumen de las conclusiones más claras.

V. Se ponen en común los resultados y conclusiones de los grupos, se discuten y analizan las disparidades encontradas, y se propone su revisión.

VI. Se facilita a los alumnos un nuevo documento que apoye la revisión de hipótesis y se propone una breve sesión de las comprobaciones necesarias.

<sup>2</sup> Grabación doméstica de 5 minutos, de la serie "El Mundo de Beakman", (emitido a finales de los 90, en programa de Canal Sur "El club de las ideas").

## **Resultados**

### *Las hipótesis de los estudiantes*

Cuando se les plantea el problema, las creencias más frecuentes sobre los factores que influirán en el tamaño de la imagen, son, por este orden: 1) la distancia del objeto, 2) la profundidad de la cámara y 3) la apertura del diafragma. La descripción detallada de estas concepciones se realiza en otro trabajo (Criado, del Cid y García-Carmona, en prensa<sup>2</sup>).

Una vez escritas las hipótesis consultan la documentación que, en lo referido al tamaño de la imagen, se muestra en el cuadro I. Así, revisan aquéllas, antes de comprobarlas empíricamente. Las figuras aportadas en él, suelen conseguir que los estudiantes estén predispuestos a modificar sus ideas previas, a lo que ayuda que el apartado a), de ese cuadro, ratifique sus predicciones. La presunción de que el diámetro del diafragma afecta al tamaño de la imagen, ha de ser discutida en función de una influencia imperceptible.

### *La verificación empírica y puesta en común de los resultados de los grupos*

Los estudiantes, advertidos de que dirijan el diafragma tanto a un edificio como a un compañero, observan en la práctica que lo previsto en el documento de consulta no se cumple siempre. En la puesta en común se pone de manifiesto que no hay unanimidad entre lo apreciado por todos los grupos: unos afirman ver con claridad el cambio en el tamaño de la imagen y otros no.

Profundizando en las condiciones de observación de unos y otros, emergen diferentes situaciones. Unos han hecho una cámara que apenas se puede alargar 5 ó 6 cm. En otros casos, hay que distinguir entre la observación a un compañero a 2m de distancia, y la realizada a un edificio mucho más alejado.

### *La revisión de las hipótesis*

Preguntando, el profesor anima a los estudiantes a que propongan la explicación de estos resultados. Siempre hay quien se da cuenta de que se deben cumplir ciertas condiciones para que un alargamiento de la cámara produzca un aumento perceptible en la imagen. Con ayuda de dibujos en la pizarra realizados por voluntarios, se valora la importancia de las proporciones entre las dimensiones de las variables implicadas. Entonces se entiende, por ejemplo, que el cambio en el tamaño de la imagen es pequeño, si el objeto es el colegio avistado desde la ventana de nuestro laboratorio.

Tras la puesta en común, ampliando la información verbal y gráfica que hayan propuesto los estudiantes, se les aporta la información cualitativa mediante otro documento de consulta (cuadro II).

### *Nuevas comprobaciones empíricas, tras la revisión de las hipótesis*

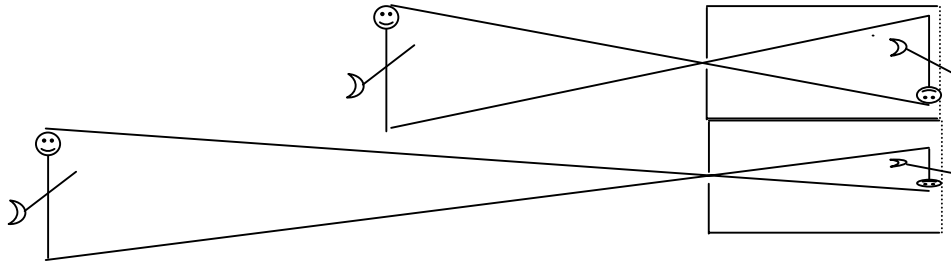
Con esta información, los grupos pueden realizar sus últimas comprobaciones empíricas y verificar que el cambio en el tamaño de la imagen sí se aprecia, cuando estamos observando a un compañero que cambia su posición entre 2 y 4 metros de distancia a la cámara. Pero con esta última

situación, si la profundidad de la cámara sólo se altera 5 ó 6cm, tampoco se aprecian cambios en el tamaño de la imagen.

**Cuadro I.** Documento de consulta. La cámara oscura 1. El tamaño de la imagen (I)

*El tamaño de la imagen en una cámara oscura depende de:*

a) Una variable ajena a la cámara como es la **distancia objeto – cámara**.

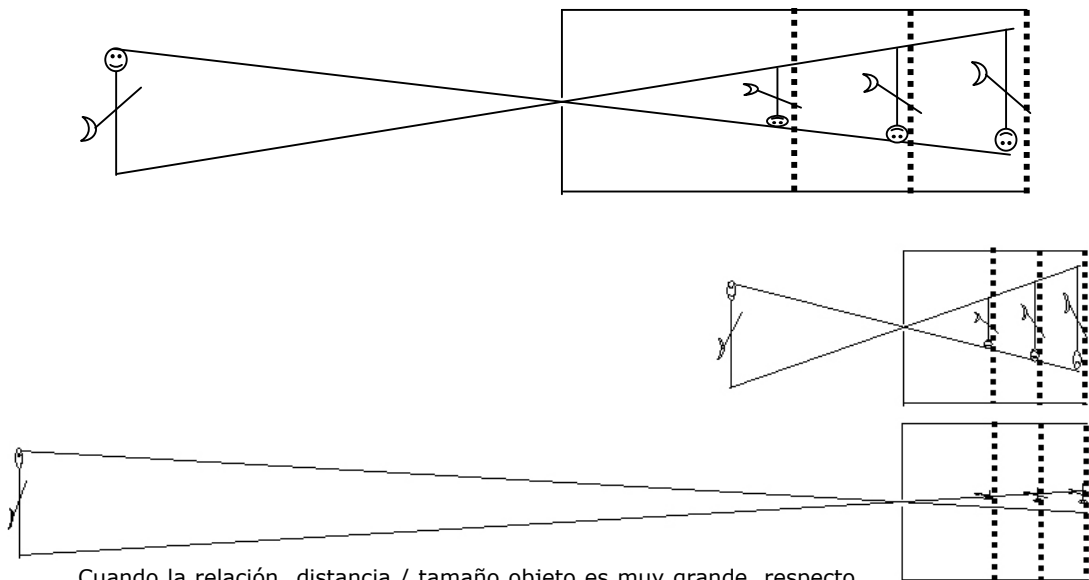


Es decir, los objetos lejanos se ven más pequeños que los que están cercanos, de la misma forma que ocurre habitualmente con nuestra vista.

b) La **profundidad de la cámara**: cuanto mayor sea, mayor será la imagen.

**Cuadro II.** Documento de consulta: La cámara oscura 1. El tamaño de la imagen (II)

El cambio en el tamaño de la imagen en la cámara oscura y las **proporciones** entre la **profundidad** de la cámara, el **tamaño** del objeto y la **distancia** de éste



Cuando la relación  $\text{distancia} / \text{tamaño objeto}$  es muy grande, respecto a la profundidad de la cámara, un alargamiento de ésta, produce cambios imperceptibles en el tamaño de la imagen.

Aquí concluye la exposición de cómo hemos llevado a cabo el trabajo práctico hasta el último curso académico. A continuación, describimos la

propuesta de análisis cuantitativo, que hacemos a los estudiantes con idea de que comprueben sus hipótesis.

### Propuesta de investigación cuantitativa

El problema que deseamos proponer a nuestros estudiantes consiste en que aporten datos numéricos concretos, ampliando la información que ya tienen, y que permitan predecir en qué condiciones podremos observar un cambio en el tamaño de la imagen, al modificar la profundidad de la cámara.

Dependiendo de las dificultades que notemos en ellos, se irá acotando el problema, con el aporte progresivo de información, hasta que veamos que pueden llegar a una conclusión por ellos mismos.

Es de destacar que en las figuras estamos realizando varias abstracciones que no se ajustan a la realidad. Dibujamos el diafragma a media altura de la cámara (pero así, lo taparíamos con la cabeza). Ubicamos el *muñeco-objeto* simétricamente situado con respecto al "eje óptico" de la cámara, lo cual tampoco es cierto. Esas diferencias nos llevan a que nuestras conclusiones sólo serán una estimación aproximada de lo que veamos en la práctica.

En un primer nivel de aproximación se les aportaría la figura 2 (sin marcar los ángulos hasta la fase siguiente), con las variables relevantes al problema. La denominación de los parámetros implicados en el fenómeno da lugar a los siguientes símbolos y significados:

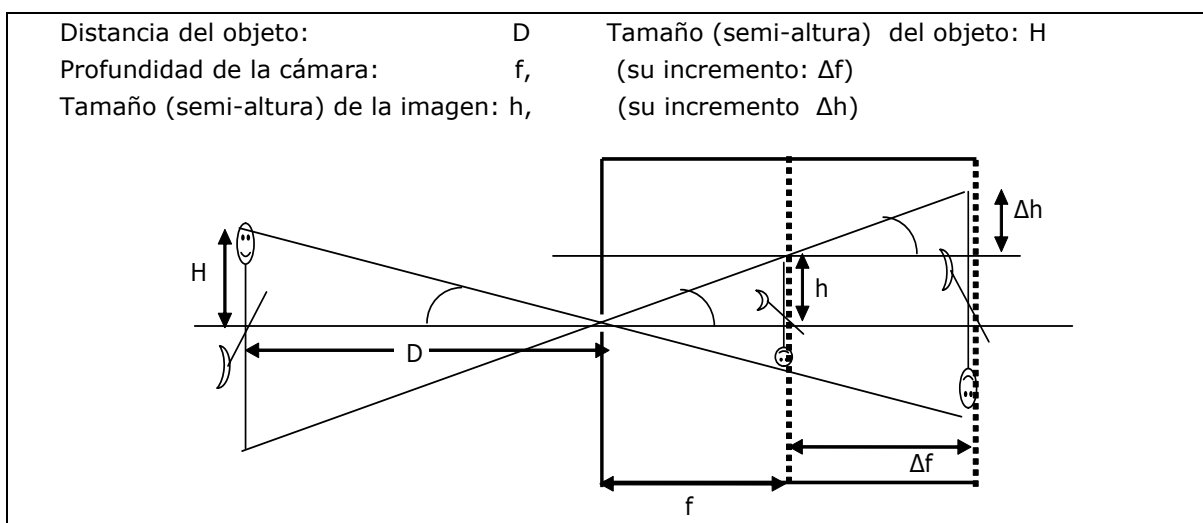


Figura 2: Parámetros implicados en el tamaño de la imagen en la cámara oscura.

En una segunda fase, requeriremos a nuestros alumnos que utilicen sus conocimientos de simetría, trigonometría, relaciones de semejanza etc., con el fin de que lleguen a la conclusión de que los parámetros indicados anteriormente guardan las siguientes relaciones:

$$H / D = h / f = \Delta h / \Delta f \quad (I)$$

En una tercera fase se indicará que si en la pantalla de nuestra cámara, los rectángulos concéntricos están separados 1cm, podemos delimitar la diferencia de tamaño mínimo apreciable a ese valor. Es decir, acotando el problema a las dimensiones de nuestra cámara (profundidad,  $f = 0,50\text{m}$ ; y su incremento,  $\Delta f = 0,30\text{cm}$ ), para que seamos capaces de apreciar un aumento de 1cm en el tamaño del objeto observado, debe cumplirse que:

$$\Delta h \geq 0,01\text{m}$$

Con todo ello, el *problema* que queremos resolver ahora es:

«¿Qué relación se tiene que dar entre la distancia y el tamaño del objeto?»

Para abordarlo, los alumnos pueden construir una tabla, en una hoja de cálculo como Excel, con los valores reales de las distancias (D), de los parámetros característicos de la cámara (f e  $\Delta f$ ), y de la semialtura (h) y su incremento ( $\Delta h$ ), en la imagen. Con ello, los alumnos pueden hacer las comprobaciones pertinentes a fin de contrastar las hipótesis establecidas. Las tablas 1 y 2 son dos ejemplos de cómo se puede hacer.

Con el problema acotado en la igualdad entre la primera y última fracciones de la ecuación (I), se llega a la misma conclusión que ofrecen los valores de las tablas 1 y 3. Es decir, para que el cambio en la imagen sea perceptible, al alargar nuestra cámara 0,30m, la relación entre el tamaño (H) y la distancia del objeto (D) ha de ser:

$$D \leq 30 \cdot H$$

$D(m)$	$h(m)$ altura imagen para $f = 0,50$ $h = H \cdot f/D$	$h(m)$ altura imagen para $f = 0,80$ $h=H$ $\cdot f/D$	$\Delta h(m)$ calculado como $h(0,8)-h(0,5)$	$\Delta h(m)$ calculado como $\Delta h = \Delta f \cdot H / D$	$D / H$
2	0,125	0,200	0,075	0,075	4,000
4	0,063	0,100	0,038	0,038	8,000
10	0,025	0,040	0,015	0,015	20,000
<b>15</b>	<b>0,017</b>	<b>0,027</b>	<b>0,010</b>	<b>0,010</b>	<b>30,000</b>
20	0,013	0,020	0,008	0,008	40,000

Tabla 1: Cálculo de la relación distancia(D)/altura(H) de un objeto, para que un alargamiento ( $\Delta f = 0,30\text{m}$ ) de la cámara, produzca un cambio perceptible ( $\Delta h \geq 0,01\text{m}$ ) en la imagen. El objeto es una persona cuyo torso es  $H = 0,5$  m.

$D(m)$	$h(m)$ altura imagen para $f = 0,50$ $h =$ $H \cdot f/D$	$h(m)$ altura imagen para $f = 0,80$ $h=H$ $\cdot f/D$	$\Delta h(m)$ calculado como $h(0,8)-h(0,5)$	$\Delta h(m)$ calculado como $\Delta h = \Delta f \cdot H / D$	$D / H$
10	0,200	0,320	0,120	0,120	2,500
50	0,040	0,064	0,024	0,024	12,500
100	0,020	0,032	0,012	0,012	25,000
119	0,0168	0,0269	0,0101	0,0101	29,7500
<b>120</b>	<b>0,0167</b>	<b>0,0267</b>	<b>0,0100</b>	<b>0,0100</b>	<b>30,0000</b>
121	0,0165	0,0264	0,0099	0,0099	30,2500
140	0,0143	0,0229	0,0086	0,0086	35,0000

Tabla 2: Cálculo de la relación distancia(D)/altura(H) de un objeto, para que un alargamiento ( $\Delta f = 0,30\text{m}$ ) de la cámara produzca un cambio perceptible ( $\Delta h \geq 0,01\text{m}$ ) en la imagen. El objeto es un edificio de 1 piso ( $H = 4\text{m}$ ).

## **Valoración final y expectativas sobre la propuesta**

La utilización de esta cámara oscura, de visión directa e inmediata, y construida con una caja de cartón, se constituye como un recurso educativo simple, que consigue asombrar a unos estudiantes habituados a manejar artilugios tecnológicos mucho más sofisticados. También constituye una rica fuente de problemas a investigar desde el ámbito escolar.

Se ha descrito cómo se puede llevar a la práctica una actividad formativa para futuros maestros sobre procesos de aprendizaje por investigación, que podrán adaptar a su ulterior práctica docente. Con ello, se favorece la capacitación en lo relativo al uso de estrategias didácticas alternativas a la enseñanza transmisiva: la vivencia personal de toparse con resultados empíricos, que no resultan concluyentes respecto a las predicciones teóricas (incluso las avaladas inicialmente por el profesor); la revisión del proceso y el alcance de la resolución de las nuevas preguntas planteadas, mediante la consideración de razonamientos cualitativos sencillos. Todo ello incrementa, además, la autoconfianza en las posibilidades de resolver problemas.

Se ha completado la revisión de hipótesis con argumentos cualitativos, que hemos experimentado con nuestros estudiantes. Y se ha hecho la propuesta de un análisis cuantitativo que esperamos llevar a la práctica en futuros cursos. Con ella, esperamos atender las expectativas suscitadas en las posturas epistemológicas, que hacen que las personas tengan más confianza en un argumento cuando viene apoyado por datos numéricos.

Aunque sólo hemos presentado las características del estudio con futuros maestros, la propuesta también se puede llevar a cabo en la Educación Secundaria. Además de competir con las Nuevas Tecnologías, con este recurso se consigue que estudiantes, adolescentes y universitarios, puedan aplicar los conceptos de Física y Matemáticas implicados, utilizar con aprovechamiento una hoja de cálculo, practicar procesos de aprendizaje por investigación escolar, y, lo que es más importante, adquirir una buena actitud investigadora.

Este trabajo va asociado a uno de los recursos utilizados en el Ámbito "Investigando sobre las máquinas y artefactos" del Proyecto Curricular Investigando Nuestro Mundo (INM6-12), diseñado por el grupo GAIA (HUM133).

## **Referencias**

Cañal, P. (1999). Investigación escolar y estrategias de enseñanza por investigación. *Investigación en la Escuela*, 37, 15-36.

Calvani, P. (1988). *Juegos científicos*. Madrid: Pirámide.

Criado, A.M., del Cid, R. y García-Carmona, A. (en prensa<sup>1</sup>). La cámara oscura en la clase de ciencias: fundamento y utilidades didácticas.

Criado, A.M., del Cid, R. y García-Carmona, A. (en prensa<sup>2</sup>). Las ideas de los alumnos sobre la cámara oscura.

Hann, J. (1981). *Los amantes de la ciencia*. Barcelona: Blume.

Parente, P. (2006). En: [www.cs.unc.edu/~parente/igv/hw1/parente\\_hw1.html](http://www.cs.unc.edu/~parente/igv/hw1/parente_hw1.html). Última consulta el 22-mayo-2006