

**PROYECTO DE ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA**  
*Dirección Nacional de Gestión Curricular y Formación Docente*  
*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la República Argentina*

---

**EXPERIENCIAS PARA LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS NATURALES**

# **LUCES Y SOMBRAS**

Se presenta una secuencia de actividades para la clase, destinadas especialmente para el 1° y 2° ciclo, adaptadas de los módulos “La main á la pâte”, por el equipo de Ciencias Naturales del MECyT.

---

## **1° CICLO**

### **LUCES Y SOMBRAS EN EL PATIO**

#### **Introducción general**

Después de observar las sombras en el patio de la escuela, los alumnos notan la diferencia de tamaño y de forma de la sombra de un objeto según su posición, debida a una fuente de luz.

#### **Temas abordados**

Luces y sombras

#### **Nociones científicas**

- Posición de la sombra a partir de la fuente de luz y el objeto.
- Tamaño y modificación del tamaño de una sombra.
- Forma y modificación de la forma de una sombra.

#### **Objetivos metodológicos**

- Observar con un propósito.
- Observar en detalle.
- Relacionar las observaciones para relacionar una acción a partir de sus consecuencias.
- Generalizar.
- Iniciar la *modelización*: reproducir los fenómenos naturales para poder estudiar los parámetros que ejercen influencia.



**Lengua**

- Lengua oral: verbalizar las observaciones y sus relaciones.
- Lengua escrita.
- Diseño y simbolización.

**Técnica de realización**

- Realización de sombras horizontales y verticales en la clase.

**Duración**

- Cada sesión dura un poco más de una hora.
- Los alumnos trabajan en grupos de cuatro o cinco, el docente regula el trabajo de los grupos.
- Las puestas en común se hacen con toda la clase bajo la dirección del docente.

**Materiales a utilizar en las sesiones:**

Sesión	Materiales
1ª	Tizas de diferentes colores, tiras de papel para comparar la longitud.
2ª	una pelota de ping pong o de tenis para el sol, una figura de cartón fijada sobre la pasta a modelar sobre la mesa, una figura que represente la sombra, algunos objetos de formas diferentes (cilindros, prismas, figuras de cartón...), caja de video casete, una fuente de luz, una hoja A3 pegada a la pared que haga de la pantalla.
3ª	
4ª	Cajones de experiencias (cajón de diseño pequeño), lápices de colores, papel, goma.

**1ª SESIÓN:** *Las sombras en el patio***Desarrollo**

- Observación de sombras de los niños (y de los objetos: árboles, bancos, etc.) producidas por el Sol.
- Observación de la posición de la sombra como resultado de la posición del Sol.
- Observación de la forma de la sombra.
- Jugar: correr, marchar en la sombra de otros.
- Se encuentra evidencia de que la sombra toca a un niño, que es más grande o más pequeña que el niño, que lo enmarca.

## 2ª SESIÓN: *Las sombras horizontales* [sesión dividida en cuatro fases]

### Intervención del docente

- ❑ Conduce la modelización del fenómeno observado en el patio.
- ❑ Oscurece el aula lo más posible.

### 1ª FASE

#### Materiales:

- ❑ Una pelotita de ping pong o de tenis (durante el tiempo en el patio, al Sol).
- ❑ Una figura de cartón pegada o pasta de modelar (plastilina) colocada sobre la mesa.
- ❑ Una figura plana que represente la sombra de la anterior.



#### Pregunta

- ❑ ¿Cuál será la posición de la sombra de un niño en el patio?

#### Desarrollo

- ❑ Los niños responden. Se le da a un niño la pelota (el Sol) para que la sostenga en altura y otro ubica sobre la mesa la figura que representa la sombra.

#### Intervención del docente

- ❑ El docente pasa por los grupos para promover la discusión. Puede hacer que dos alumnos dramaticen las posiciones respectivas de la sombra y del niño.

### 2ª FASE

#### Materiales

- ❑ Algunos objetos de formas diferentes (cilindros, prismas, una figura de cartón, etc.).
- ❑ Una fuente de luz (una linterna, un foco de poco voltaje; en todo caso se tratará de generar un haz de luz, limitando la iluminación de la fuente).

#### Consigna

- ❑ Producir sombras con varios objetos, sin tocar la fuente de luz.

#### Intervención del docente

- ❑ Transita por los grupos para verificar que cada niño ha llevado a cabo la experiencia. Luego de la práctica, hace algunas preguntas.

#### Preguntas y respuestas

- ❑ ¿Qué vieron? [Respuestas posibles: *Las sombras chiquitas, las grandes, ...*].
- ❑ ¿Dónde está la sombra? [Respuestas posibles: *Del otro costado, detrás el objeto... – Respuesta esperada: *delante de la luz**]

### 3ª FASE (Relación entre la posición del objeto y el tamaño de la sombra.)

#### Consigna

- ❑ Cambien el tamaño de una sombra, con un solo objeto.

### Actividad de los alumnos

- Indagación.

### Intervención del docente

- Transita por los grupos. Indaga: ¿Cómo hicieron para agrandar la sombra? [Respuestas esperadas: Pusimos el objeto muy lejos de la luz; Si el objeto está adelante de la luz, es chiquito; si el objeto está lejos de la luz, es grande]

## 4ª FASE (¿Cómo cambiar la forma de la sombra de un objeto?)

### Consigna

- Cambien la forma de la sombra de dos objetos.

### Actividad de los alumnos

- Indagación.

### Intervención del docente

- Hacer pasar los objetos de un grupo a otro. Verificar que los niños han cambiado la posición del objeto y la figura en varias direcciones.

### Pregunta y respuesta

- ¿Cómo hicieron para cambiar la forma de la sombra? [Respuesta esperada: Al hacer rotar, o "acostar", el objeto...]

## 3ª SESIÓN: Sombras verticales [sesión dividida en cuatro fases]

### Objetivo

- Generalizar la noción de sombra.

### Materiales

- El mismo material que en la sesión anterior, sólo que la dirección del haz de luz es horizontal, una hoja de mediano tamaño pegada a la pared a modo de pantalla, una caja para elevar el objeto hacia la fuente de luz.

### Desarrollo

- El mismo que en la sesión anterior, con un resultado diferente del obtenido en la tercera fase.

### 1ª FASE

- Consigna de la sesión anterior.
- El docente solicita la reformulación de los resultados de la sesión anterior.
- Eventualmente, introducir las palabras "horizontal" y "vertical".

### 2ª FASE

- Proyectar las sombras en la pantalla.
- 3ª Fase
- ¿Cómo hacer que una sombra sea más grande en la pantalla?
- Poner el objeto más adelante de la pantalla.

### 3ª FASE

- ¿Cómo cambiar la forma de una sombra sobre la pantalla?

## 4ª SESIÓN: *Representación gráfica y registro escrito*

### Objetivo

Repasar y conservar los resultados anteriores a través de la utilización de los diferentes modos discursivos: oral, escrito, diseño, iniciación a la sistematización.

### Materiales

Los mismos que en las sesiones anteriores, pero en una sola ejemplificación. Cuaderno de experiencias<sup>1</sup>. Lápices de colores, papel, goma.

### Desarrollo

#### 1ª FASE [Repaso–Consignas]

- Se recuerda lo hecho, de lo que se ha hecho al crear una sombra.
- Los alumnos reflexionan.
- Luego el docente pregunta individualmente.

#### 2ª FASE [Dibujar–Consignas]

- Dibujar lo hecho.
- Los alumnos hacen su diseño.
- Una vez completada esta tarea, el docente les pregunta a algunos alumnos que expliquen a la clase lo que han representado.

#### 3ª FASE [El procedimiento]

##### Consigna

- Como si fuese una clase de cocina<sup>2</sup>, ahora van a escribir la "receta" de las sombras, como para explicar otros<sup>3</sup> cómo se hacen las sombras (descripción del procedimiento empleado).

##### Método

- Dictado por parte del adulto

#### 4ª FASE [Último diseño]

##### Consigna

- Rehacer el diseño.

### Búsqueda de palabras

<sup>1</sup> Se trata de un cuaderno de formato pequeño.

<sup>2</sup> Si los alumnos han tenido clases en los que han cocinado algo y han seguido una receta, el docente puede evocar las mismas. También puede referir a ciertos programas de televisión en los que se muestra cómo preparar un plato de comida.

<sup>3</sup> Puede referirse a otra clase, otro grupo de niños, a los padres o bien para mostrar en una exposición de la actividad.

- ❑ Luego del análisis crítico de los primeros diseños y la redacción del procedimiento (receta), se depuran las producciones para lograr una mejor estructuración y acercarlas al pensamiento científico.

## 2º Ciclo

### LUZ Y COLOR <sup>1</sup>

#### 1ª SECUENCIA: Descomposición de los colores de la materia <sup>2</sup>

##### Objetivos

- ❑ Poner en evidencia, a través de técnicas sencillas de cromatografía, que un color puede ser debido a la mezcla de otros colores.

##### Nociones a trabajar

- ❑ Colores primarios. Mezcla de colores.

##### Duración

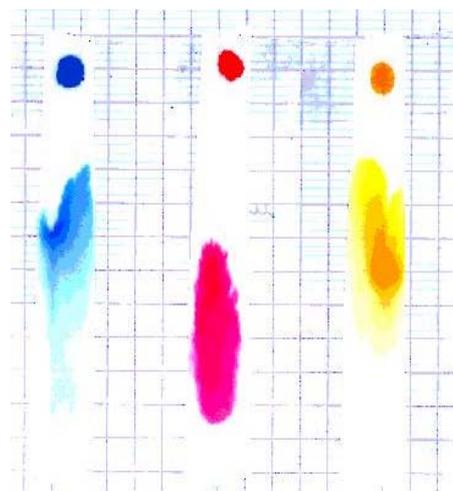
- ❑ Una hora, de manera de permitir que los alumnos prueben todos los colores de las fibras o marcadores.

##### Materiales (para equipos de dos alumnos)

- ❑ Marcadores al agua.
- ❑ Bandas de papel de filtro (tipo filtro para café).
- ❑ Un recipiente.
- ❑ Agua.

##### Desarrollo

En grupos de a dos, realizar una cromatografía para cada color de marcador. Por capilaridad el agua “sube” por el papel de filtro llevando los diferentes pigmentos con ella. Los pigmentos se separan y se depositan en diferentes alturas sobre la banda de papel filtro.



**FIGURA 1**

##### Análisis colectivo:

- ❑ Clasificar las diferentes cromatografías en función del número de colorantes (pigmentos) puestos en evidencia para cada marcador.
- ❑ Se obtiene:

<sup>1</sup> De las seis secuencias previstas para este tema, se describen las cuatro primeras.

<sup>2</sup> Proponiendo diferentes pruebas con distintos tipos de filtros, esta primera secuencia les permite a los alumnos descubrir que los colores pueden ser el resultado de un tinte único o de una mezcla de tintes diferentes.

- ❖ Un sólo colorante para el amarillo, el azul claro y el rosa: estos son los colores “puros”. Se los llama los colores primarios (amarillo, azul, rojo) de la materia (figura 1)
- ❖ Dos o más colorantes: cuanto más sube el color en el papel de filtro, más colorante hay en el marcador. (figura 2)

### Ejemplos de los trabajos de los alumnos

Se muestran en las figuras N° 1 y N° 2.

#### La intervención del docente

Esta secuencia no provoca ninguna interrogación sobre el color, pero permite mostrar que ciertas tintas coloreadas están fabricadas a partir de tres tintas de tonalidad primaria. El cuestionamiento aparece a partir de la confrontación con lo que obtendrá trabajando con luces de colores (es una de las secuencias posteriores). Aislada del contexto, esta secuencia presenta más un interés “técnico” en el análisis del color. Su realización material y el análisis que ha seguido no deberían provocar dificultades. Su carácter de descubrimiento lúdico (“es *mágico*”) es muy motivador. Se trata de una situación introductoria muy interesante para abordar el tema del color.

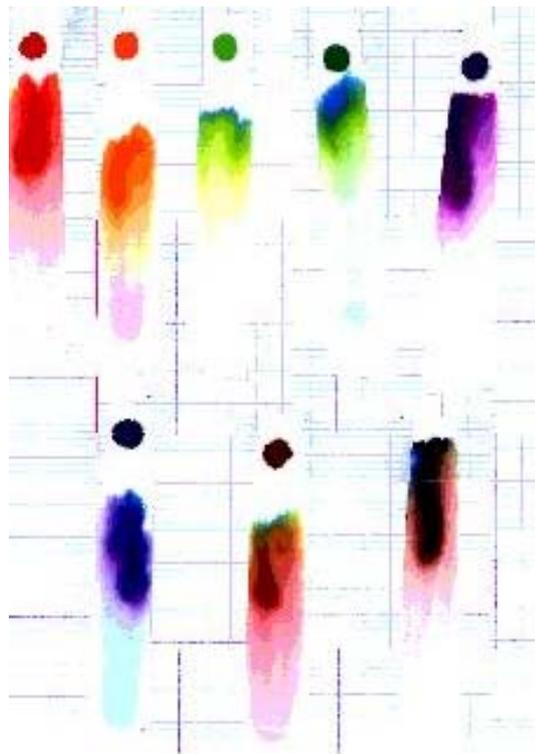


FIGURA 2

### 2ª SECUENCIA: Fabricación de colores con la materia

#### Objetivos

- ❑ Utilizar las propiedades, las observaciones, los resultados de las descomposiciones de la secuencia precedente para “re”componer colores.

#### Nociones tratadas

- ❑ Colores primarios. Mezclas de colores.

#### Duración

- ❑ Una hora. Esto es: 10 minutos para los ensayos al azar, 35 minutos para los ensayos con previsión y 15 minutos para la síntesis (hacer el paralelo con los resultados de las cromatografías).

#### Materiales (para cada alumno)

- ❑ Marcadores o temperas y papeles.

#### Desarrollo

- ❑ Ensayos al azar. Mezclar los colores “puros” dos a dos, luego los tres juntos.

- ❑ Ensayos con previsión. Elegir un color, prever los marcadores o las temperas a utilizar para fabricarlo, proceder a la realización, validar o no.
- ❑ Análisis
- ❑ Hacer el paralelo con las cromatografías realizadas en la secuencia precedente, darse cuenta de la correspondencia entre descomposición y recomposición. A constatar: Al colocar más colores, más oscuro se hace tendiendo al negro.

### Ejemplos de trabajos de los alumnos

Se muestra en la figura N° 3.

#### La intervención del docente

El objetivo de esta secuencia es recuperar los logros de la secuencia anterior para hacer que los alumnos formulen predicciones y conseguir verificarlas realizando efectivamente las mezclas de colores. Sin embargo, en la primera parte de la secuencia, en el momento de los ensayos llamados "al azar", no se pide explícitamente predicciones. Es interesante observar que ciertos alumnos predicen ya su protocolo en función de las descomposiciones precedentes. Su testimonio permite sistematizar la formulación de predicciones de la segunda parte de la secuencia.

Una eventual dificultad material puede obstaculizar el análisis:

Al cabo de algunos días, ciertos colores de las mezclas efectuadas sobre el papel se diluyen (el rojo en particular)

Es preferible validar las predicciones justo después de su realización y no esperar la secuencia siguiente.

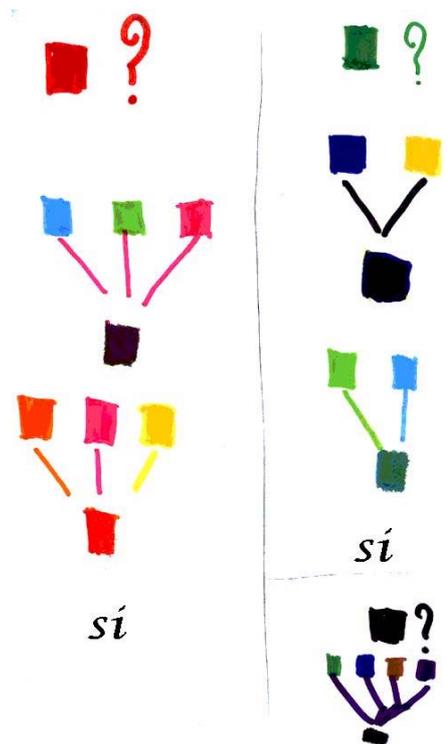


FIGURA 3

### 4ª SECUENCIA: Los colores ocultos de la luz.

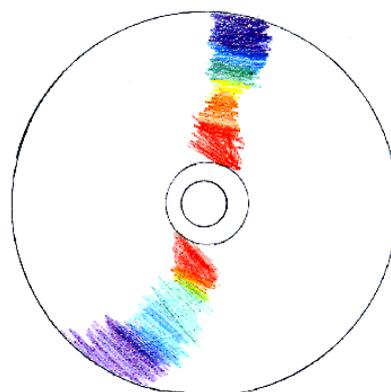
#### Objetivos

- ❑ Poner en evidencia la separación de los colores de la luz blanca por un sistema dispersivo. Hacer trabajar la esquematización.

#### Duración

- ❑ La secuencia se divide en dos partes: 30 minutos en clase para la búsqueda de situaciones (posibilidad de búsqueda individual en la biblioteca o en la casa) y luego noventa minutos para las experiencias y las esquematizaciones.

**Observación:** La separación en dos partes permite al docente disponer del tiempo necesario para la búsqueda del material solicitado a los alumnos.



### **Materiales** (para la clase entera)

- ❑ Un disco compacto (CD).
- ❑ Aceite.
- ❑ Jabón.
- ❑ Agua.
- ❑ Un prisma.
- ❑ Una fuente de luz.

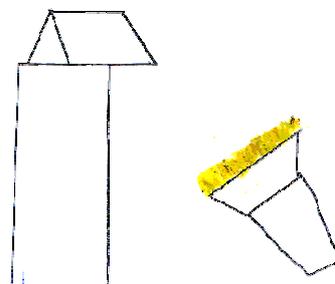
### **Experiencias propuestas**

- ❑ Iluminar un CD cuya superficie lisa y brillante (la figura siguiente es un ejemplo dibujado por un alumno).
- ❑ Iluminar una mancha compuesta de aceite y agua.
- ❑ Hacer pompas de jabón bajo la luz.
- ❑ Iluminar un prisma (la figura siguiente es un ejemplo con el dibujo de un alumno).

Para cada una de estas experiencias los alumnos deben buscar si la luz es indispensable para ver irisaciones (como las del arco iris).

### **Desarrollo**

Se puede hacer trabajar a los alumnos en el taller turnándose en cada experiencia a fin de evitar la “multiplicación” del material (vale más un sólo prisma bueno que muchos, poco eficaces). Cada grupo prepara su experiencia, la realiza y la esquematiza para presentársela a los otros. Este funcionamiento favorece la adquisición de la autonomía.



### **Análisis**

Para todas estas experiencias, se observan irisaciones cuando se ilumina. La única variable común es la luz. Los colores puestos en evidencia son los colores “ocultos” de la luz. Se busca determinar los colores obtenidos (número y tonalidad). Se pone en evidencia el carácter subjetivo de esta determinación ya que cada uno de los alumnos percibe matices (por ejemplo: amarillo-anaranjado, o rojo-anaranjado, o naranja...). Se pueden contentar con identificar seis colores: violeta, azul, verde, amarillo, naranja, rojo. Se observa el pasaje en degradé del un color a otro.

### **La intervención del docente**

En oportunidades las experiencias fueron propuestas para los alumnos en un orden diferente. Los niños hacían referencia esencialmente a la presencia de agua (mancha de aceite sobre un suelo mojado, pompas de jabón y arcos iris). En particular, algunos niños observaron que: “*no se sabe si los colores que se ven vienen de la luz o del agua*”. He aquí las proposiciones para dilucidar

Encender la luz para observar las pompas de jabón.

Montar un dispositivo que no haga intervenir el agua: una regla de plexiglás, un CD, etc.

En esa ocasión, el docente aportó un prisma.

### Algunas dificultades encontradas

Para algunos niños, la luz y el Sol son la misma cosa. Si el Sol no es visible (cielo nublado por ejemplo), se plantea la pregunta “¿hay luz?”. Fue necesario recordar el vocabulario empleado (transparente, opaco, translúcido) luego de la discusión sobre el rol de telón jugado por las nubes. Para fijar este vocabulario, en artes plásticas se montaron experiencias a partir de materiales de recuperación.

## 4ª SECUENCIA: Las luces de la televisión.

### Objetivos

Poner en evidencia los colores primarios de la luz.

**Observación:** *Los colores son llamados primarios porque se utilizan industrialmente (en video) para reconstruir todos los otros colores; pero se trata de una elección ya que otros colores, complementarios, habrían podido ser elegidos. (la nota es válida también para la materia. Corrientemente los colores primarios aprendidos en dibujo son el azul, el rojo y el amarillo. Ahora bien, en las imprentas los colores primarios utilizados son el azul, el rojo y el verde).*

### Duración

- ❑ Dos instancias de 45 minutos (la observación con la lupa de la pantalla del televisor fatiga los ojos).

### Materiales (para la clase entera)

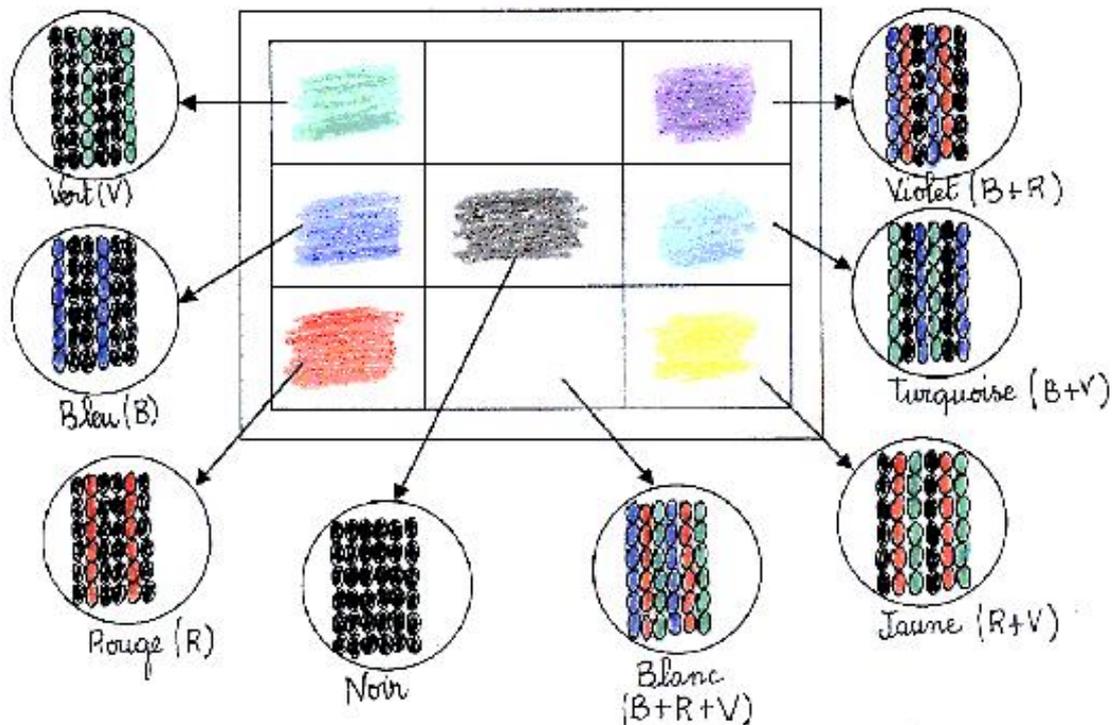
- ❑ Una televisión (imagen fija, o pantalla de ajuste).
- ❑ Lupas.

### Desarrollo

Los alumnos están agrupados de a dos.

- ❑ Observaciones “libres” (30 minutos). Hacer observar y representar lo que cada equipo ve para cada color. Comenzar por los colores vivos y dejar el negro, el blanco y sobre todo el gris, para el final (figuras 1 y 2). Quince (15) minutos de análisis de las producciones con puesta en evidencia de la red y de las bandas luminosas.
- ❑ Observaciones “guiadas” (45 minutos). Esta vez los alumnos observan color por color y deben completar el siguiente cuadro (para cada color, colorear la red).





### Análisis colectivo

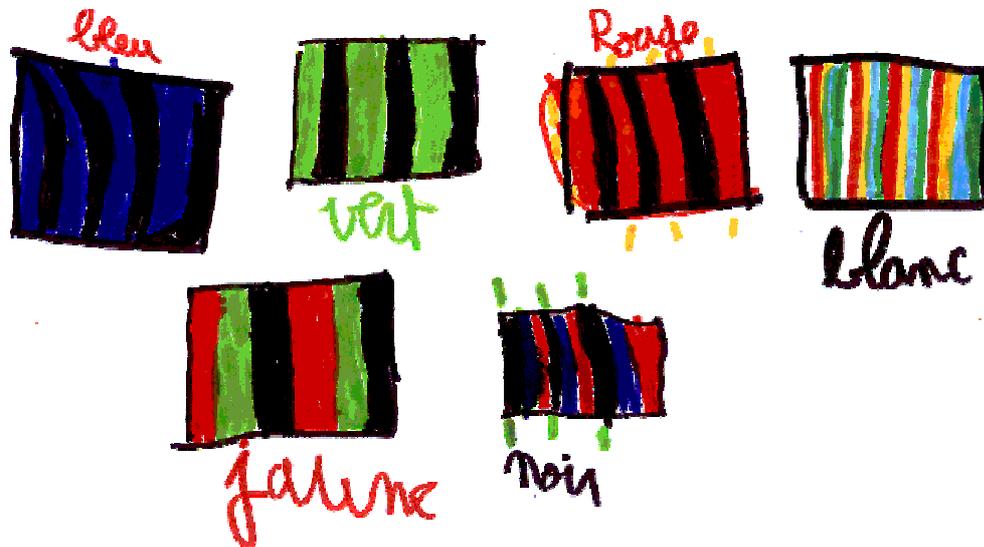
- ❑ Sólo tres colores son utilizados para componer todos los otros: verde, rojo y azul.
- ❑ Para el blanco, todas las luces están prendidas.
- ❑ Para el negro, todas las luces están apagadas.
- ❑ Los grises son muy difíciles de analizar y parecen poco interesantes en este ciclo de EGB (es la intensidad luminosa que varía y es difícil reparar la contribución de cada color).

### Ejemplo de trabajo de alumnos<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Se trata de ejemplos con niños del mismo nivel de escuelas francesas.

- *La red es percibida: mucho de cuadrículado, pero como una disposición escocesa de los colores.*



- La red no es percibida: representaciones en líneas verticales pero con una buena disposición de los colores.
- Las bandas apagadas no siempre son percibidas.

### La intervención del docente

Dificultades encontradas en el momento de las observaciones:

- ❑ El análisis es muy subjetivo: es muy difícil olvidar lo que se ha visto de lejos, cuando se lo mira con la lupa.
- ❑ Para el violeta: la proximidad de dos tintes hace parecer el rojo más rosa y por eso algunos alumnos dibujan más azules que rosas; o bien, en razón de recordar las mezclas realizadas en artes plásticas los induce al error: azul y rojo da una mezcla un poco marrón mientras que azul y rosa daba una mezcla más violeta.
- ❑ Para el amarillo: los componentes de color no son los esperados, son verde y rojo. El verde no ha sido observado fácilmente porque es más luminoso y puede dar la impresión visual de ser amarillo. Es inesperado y algunos alumnos sustituyen amarillo por el verde. Al amarillo, a veces se lo encuentra en los dibujos más que el rojo y el verde.

### Algunos elementos de óptica geométrica

La suposición de que cada punto de un objeto luminoso o iluminado emite rayos rectos de luz en todas direcciones es la hipótesis principal de una teoría de la luz extraordinariamente fructífera que, hasta la fecha, se llama óptica geométrica (Figura 1). El nombre se debe a que en esta teoría la naturaleza de los rayos luminosos no se cuestiona; ni siquiera es importante. El propósito de la teoría es solamente entender, o predecir, lo que ocurre a los rayos emitidos por los objetos cuando son interceptados por diversos objetos opacos, como en la cámara oscura, o desviados de su camino recto de maneras que veremos enseguida. Como para esto solamente es necesario aplicar conocimientos de geometría a cada problema, el nombre de la teoría es óptica geométrica.

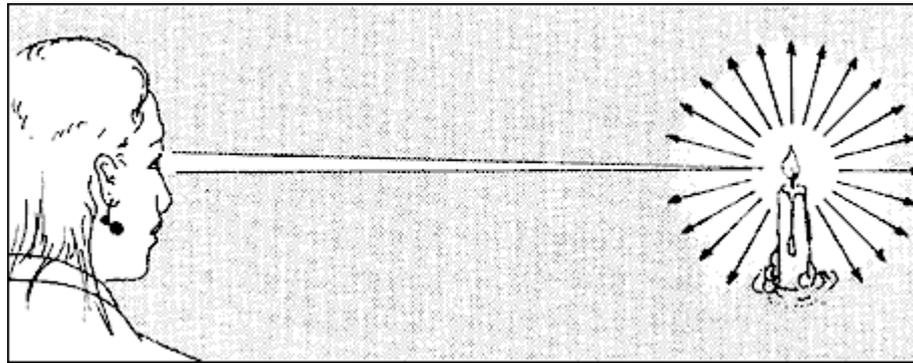


Figura 1. La hipótesis básica de la óptica después de Alhazán. Cada punto de un objeto luminoso emite rayos rectos de luz en todas direcciones.

Trazando sobre un esquema algunos sencillos rayos rectos se encuentran fácilmente las regiones de sombra producidas por un cuerpo opaco iluminado por cuerpos luminosos. Estas regiones se llaman, en general, la "sombra geométrica" del cuerpo. Por ejemplo, una esfera iluminada por un solo punto luminoso produce un solo cono de oscuridad total, llamado umbra, a donde no llega ningún rayo emitido por el punto luminoso (Figura 2 (a)). Este cono lo forman las tangentes a la esfera desde el punto luminoso. Fuera de él la luz llega a todas partes. Pero si la esfera opaca está iluminada por una esfera luminosa, además del cono de oscuridad total limitado ahora por las tangentes exteriores a las dos esferas, se produce una zona sólo parcialmente oscura a la que llega luz de algunas partes de la esfera luminosa. Esta zona se llama penumbra (casi sombra) y está limitada por la umbra y por el cono formado por las tangentes interiores a las esferas. Estas zonas se observan claramente durante los eclipses lunares. La Luna adquiere un color rojo cobrizo cuando está en la región de penumbra y se oscurece casi completamente en la región de umbra (Figura 2(b)).

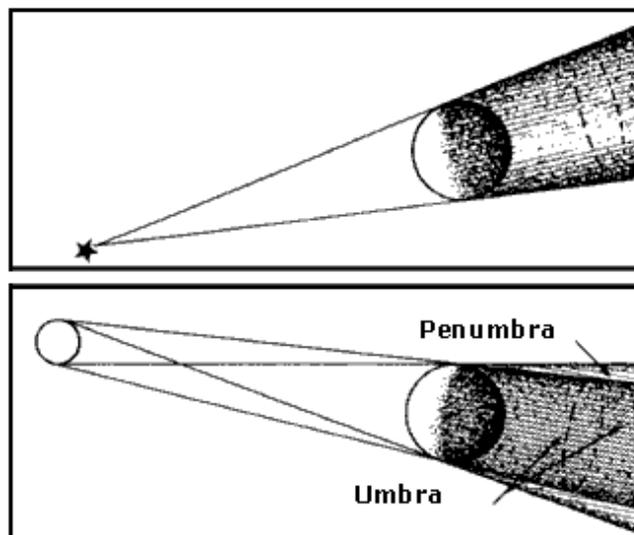
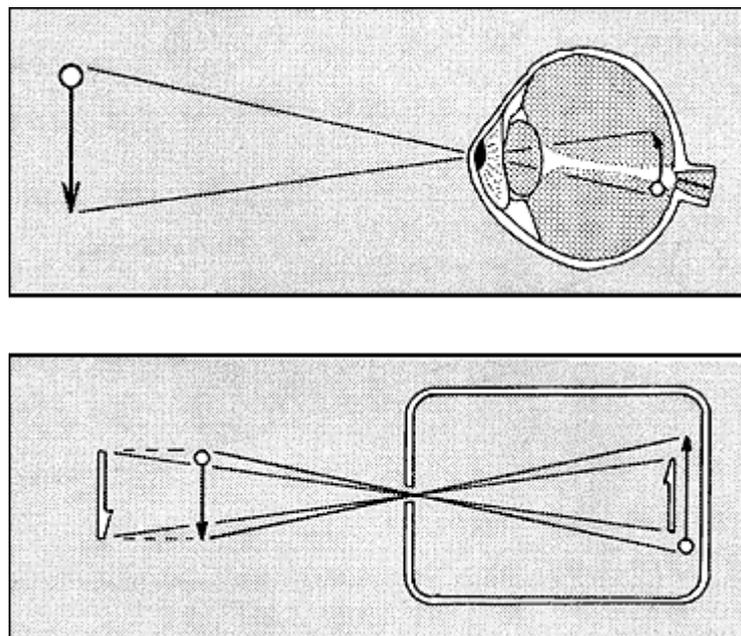


Figura 2. La óptica geométrica explica la forma de la sombra producida por un cuerpo opaco. Esta región se llama sombra geométrica. En la figura (a) es el cono formado por las tangentes de la esfera. A esta zona no llega ningún rayo de luz; se llama "umbra". En la figura (b) la umbra es el cono formado por las tangentes exteriores a las dos esferas; fuera de ésta

hay una zona donde llega luz, pero sólo de algunas partes del objeto luminoso. Esta región, llamada penumbra, está incluida entre la umbra y el cono de las tangentes interiores a las dos esferas.

La cámara oscura es un ejemplo interesante de aplicación de la óptica geométrica. Si en un diagrama como el de la Figura 3 trazamos las imágenes de un mismo objeto colocado a distintas distancias de la cámara, encontramos fácilmente que el tamaño de la imagen disminuye en la misma proporción que aumenta la distancia. Esto es, la relación del tamaño de la imagen con la distancia es la misma que en el caso del tamaño aparente en la teoría de los rayos táctiles. Esto sugiere que el ojo funciona como una cámara oscura. El orificio de la cámara es la pupila en el ojo; ese pequeño círculo negro colocado en el centro del iris. La cavidad formada por el globo del ojo no está vacía como en la cámara oscura, sino llena de un medio gelatinoso transparente llamado "humor vítreo" que deja pasar la luz sin dificultad. La imagen de un objeto se forma en el fondo del ojo sobre un fino tejido nervioso, sensible a la luz, llamado retina, que la trasmite al cerebro por un gran número de fibras nerviosas que se juntan en un solo nervio llamado nervio óptico. El tamaño aparente de un objeto depende del tamaño de la imagen que forma en la retina. Si el objeto se aleja el tamaño de su imagen disminuye y se ve más chico. Por esto las líneas paralelas que se alejan de nuestros ojos parecen converger en un punto lejano, en el horizonte, llamado por los artistas "punto de fuga". La variación del tamaño aparente de los objetos con la distancia es la base del arte de representar los objetos en una superficie como aparecen a la vista; o sea, es la base de la perspectiva.



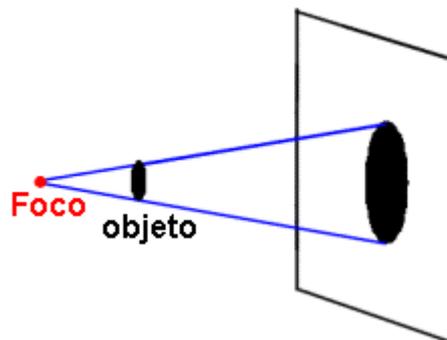
*Figura 3. El ojo funciona como una cámara oscura. Los rayos luminosos que pasan por la pupila forman una imagen (invertida) del objeto sobre la retina. Ésta, que se encuentra en el fondo del ojo, la trasmite al cerebro por el nervio óptico.*

### La luz se propaga en línea recta

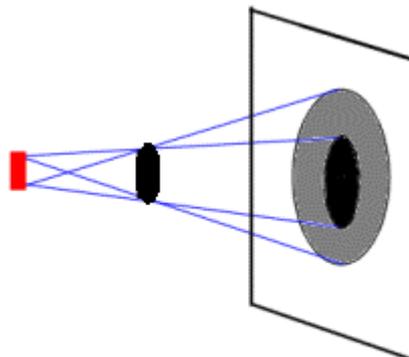
Aunque hoy sabemos que la materia curva la luz, el concepto de rayo y su forma de propagarse dio lugar al nacimiento de la óptica. La idea fundamental sobre la que se construye la óptica geométrica es la de que los rayos de luz viajan en línea recta y la demostración más evidente de que viaja en línea recta son las sombras. En el camino que sigue la luz se pueden interponer obstáculos pero también agujeros (un lugar por donde puede colarse). Son los bordes de los agujeros y de los obstáculos los que dan lugar a curiosos fenómenos.

### Los obstáculos al paso de la luz originan sombras

Si interponemos un cuerpo opaco en el camino de la luz y a continuación una pantalla, sobre ella recogeremos su sombra. Si el tamaño del foco emisor de luz es pequeño comparado con el del objeto (y esto sólo depende de las posiciones relativas, de lo alejados que estén el uno del otro) se produce sólo sombra.



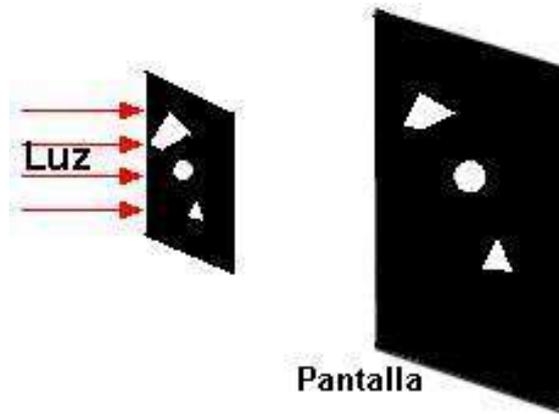
Si el tamaño del foco es grande comparado con el del objeto (recuerde que esto sólo depende de las posiciones relativas, de lo alejados que estén uno del otro) se produce sombra y penumbra.



Si el foco de luz está muy alejado, desde el obstáculo el foco se ve como si fuera un punto de luz. Los rayos surgen radialmente de cada punto del foco. En los casos anteriores no se menciona la distancia entre la pantalla y el objeto. ¿Cómo cree que influye esta distancia en el tipo de sombra?

### Un agujero en el obstáculo

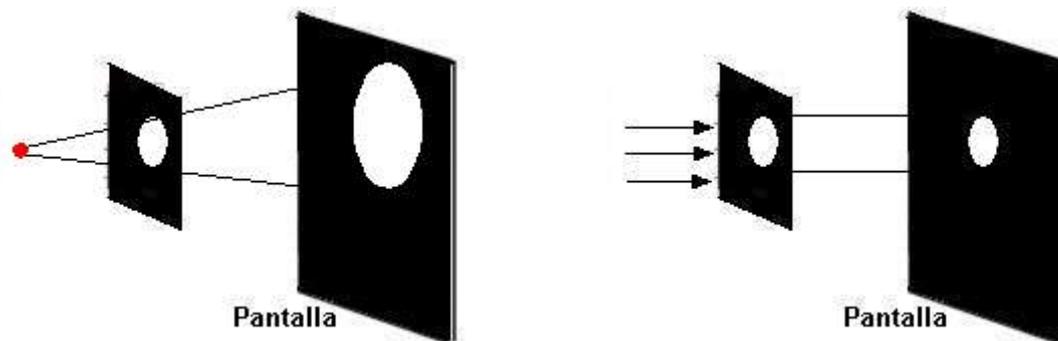
Si en el camino de la luz interponemos un obstáculo con agujeros (huecos) obtenemos sobre una pantalla algo así como los "negativos" de las sombras (el término "negativo" es el mismo que se usa en fotografía de "negativo fotográfico"):



Los agujeros pueden ser grandes, medianos y pequeños y de distintas formas. Para tener una idea más precisa del tamaño que queremos indicar con estas palabras debemos referirlos a algo conocido: grande como una moneda, mediano como el agujero hecho por un alfiler y muy pequeño del orden de la longitud de onda de la luz. El tamaño de los agujeros va influir en los fenómenos observados.

### Agujeros grandes

Haga en una cartulina agujeros de distintas formas (estrellas, rombos, círculos, cuadrados, formas irregulares...) y tamaños (desde el de una moneda, o un poco mayor, hasta el hecho por una aguja).

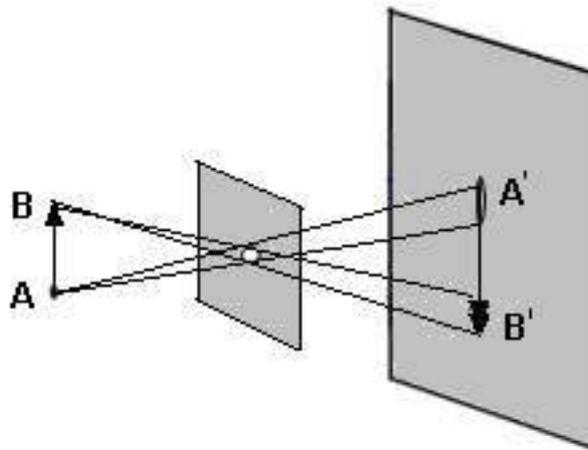


Coloque la cartulina en la que hizo los agujeros frente a una fuente de luz y cerca de una pared blanca o de una pantalla. Realice estas experiencias con un proyector de diapositivas o con un reflector halógeno. La cartulina provoca una gran sombra pero dentro de ella, los agujeros recortados dejan pasar la luz y dentro de la sombra producida por la cartulina se ven formas geométricas de luz. Coloque la cartulina paralela a la pared, gírela y observe que pasa. ¿Qué forma adoptan las figuras luminosas que producen los agujeros al girar la cartulina? Esas figuras luminosas son los "negativos" de los agujeros. ¿Puede explicar sus formas y su tamaño suponiendo que la luz viaja en línea recta? ¿Se conservan las formas de

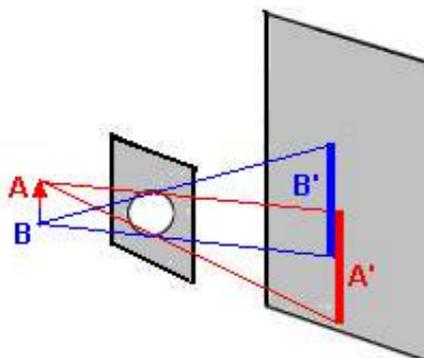
las figuras luminosas de los agujeros al alejar la cartulina de la pared? ¿En algún momento se vuelven totalmente difusas?

### Agujeros medianos

Coloque un agujero más pequeño que los anteriores frente al proyector o al reflector con de lámpara halógena y observe la forma que se ve en la pantalla. Ahora ya no ve un agujero. ¿Se produce una imagen alargada? Coloque dos agujeros pequeños próximos y observe lo que pasa. Algo le hace el agujero mediano a la luz para que esta ya no reproduzca la forma del agujero y para que en su lugar aparezca sobre la pantalla la imagen de la fuente de luz que la produce. Lo que hace el agujero es tomar la imagen del foco de luz y proyectarla sobre la cartulina.



De cada punto del objeto salen infinitos rayos en todas las direcciones y muchos de ellos llegan al agujero. Los agujeros medianos al limitar la entrada de rayos a través de ellos, hacen que se vean separados en la imagen los distintos puntos del objeto, cosa que no ocurre con los agujeros grandes. El agujero pequeño produce imágenes separadas de cada punto, pero un poco difusas: la imagen de A se da en toda la zona A' y la punta de flecha se ve en una zona no puntual. Esto difumina un poco la imagen: Un punto objeto da un punto imagen un poco más grueso y difuso. Por lo tanto vemos que los agujeros medianos transmiten información de la fuente y no dan información de si mismos. Partiendo de la imagen anterior piense qué ocurre si el agujero va aumentando de tamaño. ¿Se superponen las zonas A' y B'? Piense que ocurrirá si en lugar de esos dos puntos del objeto son muchos puntos del objeto los que emiten. Recuerde: Los agujeros grandes producen una información borrosa de los puntos. Los puntos del objeto dan manchas de luz, producen imágenes de un punto solapadas sobre la de otros. Esta imagen lo puede aclarar:



La imagen de la parte del extremo de la punta roja (A) se superpone con la imagen del extremo de color azul (B). La información queda desdibujada (la imagen no será clara) y se transmite sólo la forma del agujero, una mancha de luz con la forma del agujero. Los agujeros medianos empezaron a utilizarse para obtener las imágenes en la cámara oscura que fue la precursora de la máquina fotográfica.

### **¿Actúan los agujeros medianos como "lentes" de aumento?**

Los agujeros medianos también se pueden utilizar para aumentar un objeto y verlo mejor. ¿Quiere hacer una prueba?. Haga un agujero con una punta de alfiler en una cartulina. Acerque al ojo un texto con letra pequeña hasta que no lo vea con claridad (a menos de 15 cm). Sin separar el texto coloca entre él y su ojo (más cerca de éste que del texto) la cartulina con el agujero, verá como ahora puede leerlo. El agujero ha funcionado como una lupa. Otro ejemplo. Acérquese al monitor hasta ver el texto borroso e intente, sin moverse, mejorar su visión cerrando casi totalmente los ojos. También la puede mejorar mirando a través de un agujero pequeño colocado delante de sus ojos. Puede hacer un agujero pequeño cerrando el puño sin apretar muy fuerte, verá que puede mirar por el interior del puño cerrado.

### **Agujeros pequeños**

Mirando a través de agujeros muy pequeños aparecen los fenómenos de difracción pero su explicación no pertenece a la Óptica geométrica. Con las experiencias de difracción se demuestra que la luz se tuerce al atravesar agujeros pequeños y no viaja en línea recta al atravesarlos. Terminamos esta página negando lo que habíamos demostrado con las sombras al empezarla: que la luz viaja en línea recta.

### **Agujeros muy, pero muy pequeños**

Llamamos así a los agujeros más pequeños que la longitud de onda de la luz. Según los libros de texto se supone que la luz no puede pasar a través de agujeros más pequeños que su longitud de onda. En los años cuarenta el prestigioso físico Hans Bethe demostró que la luz no puede pasar por agujeros más pequeños que su longitud de onda, que en el caso de la luz visible oscila entre 0,4 y 0,8 milésimas de milímetro aproximadamente. Hasta hace poco se pensaba esto. Pero T. Ebbesen, J. Pendry, F.J. García Vidal y J.A. Porto han demostrado que esto no es así ya que la luz es capaz de atravesar una placa metálica llena de agujeros más pequeños que su propia longitud de onda. Esto podría llevar a poder fabricar microchips con mucha más capacidad que los actuales y a construir nuevas pantallas planas de menor consumo. ¿Como influye la regularidad del entramado para que la luz pase por sitios que sólo son el 7% de su longitud de onda? Empezamos esta página con la idea de que la luz se propaga en línea recta y con esta idea se desarrolló toda la Óptica geométrica. Después de haber estudiado fenómenos más complicados vemos que la luz es algo más que un simple rayo y que su trayectoria se curva al propagarse a través de agujeros pequeños (difracción). La regla de que la luz no pasa por agujeros menores que su longitud de onda tampoco se cumple en todos los casos.

### **Einstein**

La masa de un cuerpo puede curvar un rayo de luz. El espacio está lleno de masa y por lo tanto la luz no parece viajar en línea recta. Esta idea se comprobó y quedó totalmente confirmada. Su estudio pertenece a la física relativista. ¡La materia curva la trayectoria de la luz!