



Naturaleza de la luz

ÓPTICA **Cámara oscura**

LA FORMACIÓN DE IMÁGENES y la cámara oscura

El hecho de que la luz se desplace siempre en línea recta a través de un medio relativamente transparente y homogéneo como el aire, determina uno de los fenómenos ópticos más impresionantes de la naturaleza: La formación de imágenes.

Cada vez que la luz atraviesa un pequeño orificio practicado en una superficie opaca la luz tiende a formar una imagen invertida al otro lado de la abertura. La imagen sólo la podemos visualizar si se recoge en un plano de proyección situado a la distancia adecuada de la abertura y si la luminosidad de la imagen formada es mayor que la luz ambiente que refleja la pantalla.

Estas condiciones las reúne una cámara oscura que, en su forma más simple, consiste en un habitáculo hermético a la luz excepto por el pequeño agujero practicado enfrente de la pared que hace las veces de plano de proyección.

Desde tiempos remotos el hombre ha sido testigo de este fenómeno y la primera experiencia, como el descubrimiento del fuego, quizá haya sido casual. En las cuevas donde el hombre ha habitado desde sus primeros días no es extraño que por los avatares geológicos hayan quedado pequeñas aberturas en los techos o paredes proyectando misteriosas y fantasmales siluetas de un mundo exterior lleno de luz y color. En este caso la propia cueva es la cámara oscura.

No siempre somos conscientes de que la capacidad de la luz de formar imágenes la podemos apreciar sin necesidad de recurrir a un instrumento.



Joaquín Sorolla
Jardín de la Casa Sorolla [1920]
 óleo sobre lienzo
 Museo Sorolla, Madrid



Las típicas sombras de un árbol sobre una puerta de la Sinagoga de María la Blanca en Toledo [MV2013]. Los círculos y elipses luminosos que muchas veces vemos bajo las sombras proyectadas por los árboles corresponden a la imagen del disco solar que se forma al pasar a través de los pequeños orificios producidos por ramas y hojas. En la fotografía de la derecha, tomada en isla de Malta, la imagen del sol es más impresionante y no deja dudas del fenómeno: Son las sombras arrojadas por los árboles durante el eclipse solar del 3 de octubre de 2005. [wikipedia]



La imagen del sol

En un parque un día soleado cualquiera, por ejemplo, podemos observar miles de manchas luminosas en forma de discos que salpican las áreas sombreadas sobre la tierra, paredes o arbustos: es la imagen luminosa y circular del sol la que “dibuja” estas siluetas. La tupida masa de hojas y ramas forma una fina malla de obstáculos que la luz consigue atravesar solo a través de los pequeños intersticios que coinciden en su trayectoria rectilínea. Así, cada uno de esos espacios vacíos interactúan con la luz y se comportan como lo haría el pequeño orificio de una cámara oscura... multiplicando la imagen del Sol por todas partes. La penumbra bajo los árboles proporciona la oscuridad necesaria para que la tierra haga las veces de pantalla.

A una escala más pequeña, también es posible comprobar este fenómeno. Se puede realizar un simple experimento con solo agujerear una tarjeta de visita con un alfiler. En este caso es mejor emplear como fuente de luz una lámpara de escritorio que utilice una bombilla normal de vidrio transparente. Al situar la tarjeta agujereada bajo la lámpara a unos pocos centímetros de la superficie del escritorio, comprobaremos que en el centro de la sombra rectangular proyectada por la tarjeta no hay un punto luminoso correspondiente a la forma circular del orificio, sino la serpenteante forma luminosa del filamento incandescente de la bombilla.

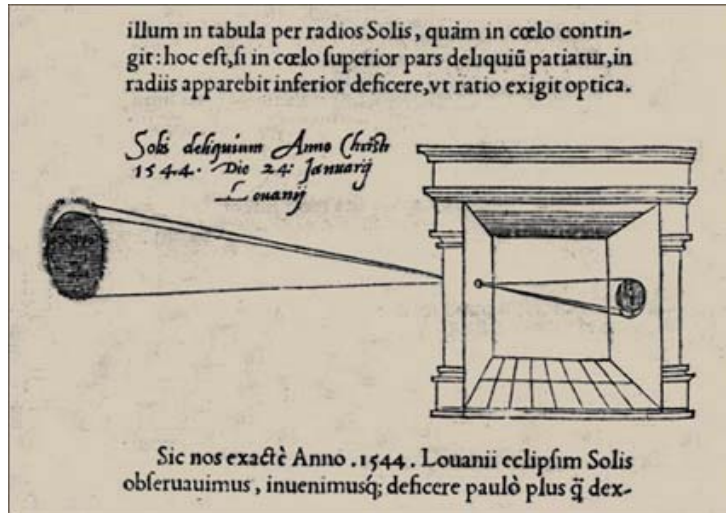
La cámara oscura y la luminosidad de la imagen

En los dos ejemplos anteriores, para que la imagen sea perceptible por el ojo sólo hace falta un agujero. No es necesaria una cámara oscura. Esto tiene una explicación: tanto en el caso del disco solar como en el caso del filamento de tungsteno incandescente, el objeto que proyecta su imagen es la propia fuente de luz: suficientemente brillante como para destacar por sí misma. Distinto es el caso de las imágenes más frecuentes, el paisaje y los objetos comunes que nos rodean y sustancias como el aire o el agua que reflejan o transmiten la energía que reciben de una o varias fuentes de luz, pero que no la generan.

De hecho, la fracción de luz que llega a nuestros ojos es la pequeña energía residual resultante después de la absorción y dispersión de esa energía en su interacción con la materia. La superficie más reflectante, el blanco más blanco posible, iluminado por el sol del verano a mediodía, aunque nos puede obligar a entornar los ojos, no nos deja ciegos; sin embargo, el simple filamento de una bombilla, ya no digamos el sol, nos puede quemar la retina en pocos segundos. Un caso aparte son los espejos y las superficies metálicas, ya que existen materiales que reflejan un porcentaje mucho mayor de luz visible. [ver reflexión regular]



Maarten van Heemskerck [1508-1555]
Retrato de Reinerus Gemma Frisius [1540-1545]
 óleo sobre tabla. 104 x 83.5 cm
 Museo Boijmans van Beuningen
 Rotterdam, Holanda



Cámara oscura de Gemma Frisius [1545]
 Grabado publicado en *De radio astronomico et geometrico liber* analizando el eclipse solar de 1544

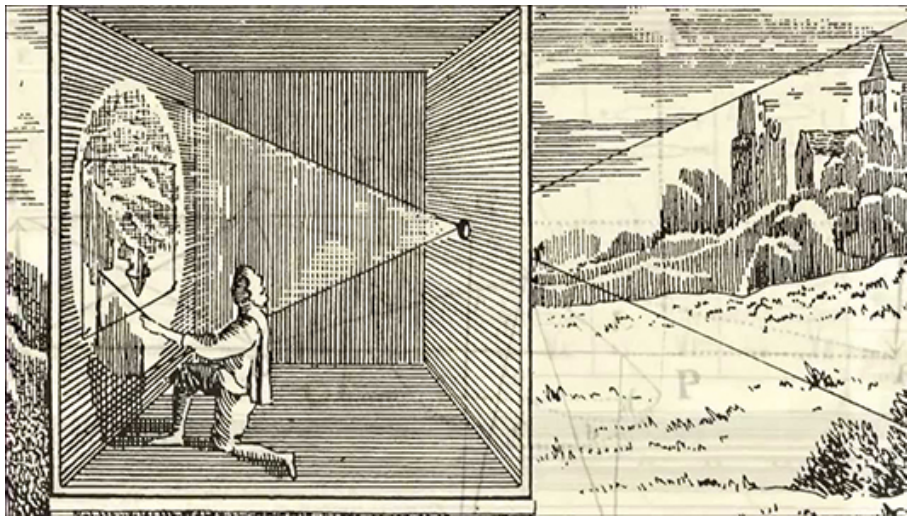
La escasa luminosidad de la imágenes formadas por un simple orificio es, precisamente, la razón de ser de la cámara oscura que, como su nombre lo dice, debe ser oscura en su interior para que la imagen sea visible. La luz que penetra por el fino agujero no permite obtener una imagen discernible a los niveles de la luz ambiente. Agrandando el hueco entraría más luz a la cámara, pero la imagen ya no se podría formar y desaparecería de nuestra vista. Una cámara oscura bien confeccionada ofrece el punto exacto de equilibrio entre luminosidad y nitidez, entre el diámetro de la abertura y la distancia al plano de enfoque, muchas veces, móvil y ajustable para distintas circunstancias y necesidades.

Como veremos más adelante, la obtención de imágenes luminosas ha sido siempre uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta en la mejora de los sistemas ópticos de alta precisión.

La baja intensidad de la luz de la imagen proyectada por una cámara oscura es, por otra parte, una de las razones por la cual uno de los usos más antiguos y documentados se debe al interés de los astrónomos por observar y analizar la imagen del sol durante los eclipses sin peligro de lesiones en la visión. La cámara oscura además, fue utilizada por distintos profesionales [arquitectos, topógrafos, geómetras, médicos, ilustradores científicos, etc.] que la utilizaron asiduamente en sus diferentes campos de trabajo e investigación, todos relacionados con la luz, la óptica, la visión, la perspectiva o la geomensura.

Así, en resumen, podemos afirmar que basta un pequeño orificio de alfiler para que las formas, los claroscuros y los colores de nuestro entorno se reproduzcan en otro lugar a modo de espejismo.

La cámara oscura es un ingenio muy simple que permite controlar a voluntad determinados parámetros básicos que intervienen en la formación de imágenes. A lo largo de la historia ha habido innumerables modelos, formas y tamaños para observar este efecto lumínico: desde pequeñas cámaras portátiles para profesionales u objetos de uso cotidiano para amenizar fiestas palaciegas, hasta habitaciones enteras de grandes dimensiones. Los únicos requerimientos imprescindibles son: el orificio por donde entra la luz [pinhole, en inglés o sténopé, en francés] y la pantalla en el plano de proyección que recoge la imagen.



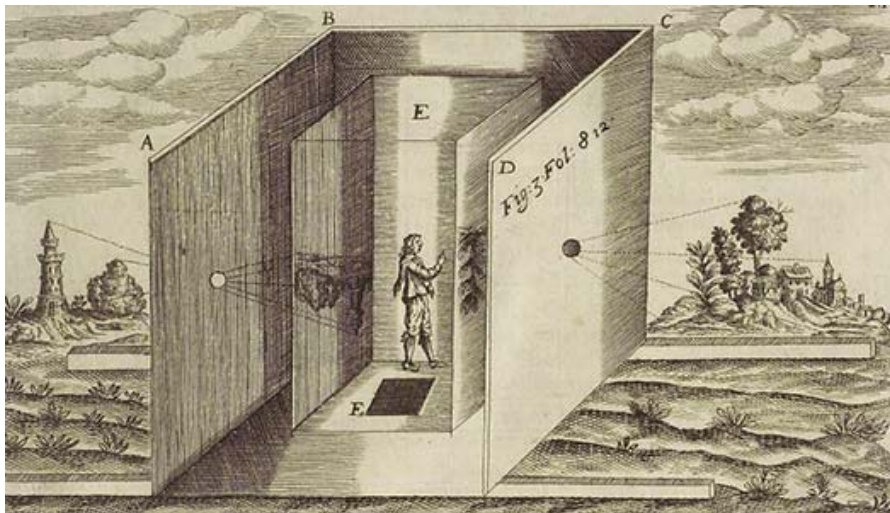
El problema de la imagen invertida

La imagen producida por una cámara oscura es siempre invertida en sentido vertical [arriba-abajo] y en sentido horizontal [derecha-izquierda]. Mucho antes de la introducción de las lentes, este problema se solucionaba proyectando la imagen sobre una pantalla translúcida [como papel engrasado o un cristal esmerilado] que permitía visualizar la imagen desde el revés de la pantalla. Esto solucionaba la inversión derecha-izquierda de la imagen, aunque seguía permaneciendo invertida en sentido vertical. La pantalla translúcida sobre todo permitía copiar la imagen sin la molesta sombra del propio usuario que debía interponerse inevitablemente entre la imagen y el plano de proyección.

La introducción adicional de un espejo en un ángulo de 45° respecto al eje central del haz de luz permitió observar la imagen proyectada en un plano horizontal. De esta forma sencilla ya no representaba un problema la inversión vertical de la escena porque el espectador podía desplazarse y observarla desde cualquier punto. Este sistema además permitió visualizar la imagen desde fuera del cuerpo de la cámara oscura.

Las primeras cámaras oscuras documentadas

Aunque **Alhazen** ya describió sobre la cámara oscura en su *Libro de Óptica* escrito en el Cairo en el siglo XI, una de las ilustraciones más antiguas que se conserva de una cámara oscura es la publicada en 1545 por el físico y matemático holandés **Reiner Gemma Frisius** en su obra *De radio astronomico et geometrico liber*. Otras tantas publicaciones científicas y otras menos científicas se prodigaron tras el eclipse del **año 1544**. Este fenómeno, apuntado en las todas las efemérides o tablas astronómicas, hicieron que investigadores, caprichosos adinerados, príncipes o simples aficionados viajasen largas distancias a los lugares más adecuados para presenciar el eclipse. Allí se reunían y se preparaban expectantes a que se produjese el fenómeno apertrechados con todo tipo de artilugios y aparatos ópticos para su mejor observación.



Cámara oscura descrita en *Ars Magna Lvcis Et Vmbræ* [1646]

Athanasii Kircher [c.1601- 1680]

La imagen se proyecta sobre una superficie traslúcida que permite al observador situarse al centro de la imagen para copiarla o analizarla sin estorbarse con su propia sombra,

[izquierda]

Principios de la cámara oscura. Manuscrito de Giulio Parigi, págs. 480-540 [1592 -1608]

Giulio Parigi [1571-1635] fue un arquitecto y diseñador italiano. Pertenecía una destacada familia de arquitectos y diseñadores que trabajaban para la corte del Gran Ducado de los Medici. Su padre, **Alfonso Parigi, el Viejo**, había trabajado en Florencia para el Gran Duque de Toscana.

[Fuente: *The origin of the practical use of the risks matrix analysis in managing the systems in Europe*. Por Alexander A. Shemetev]

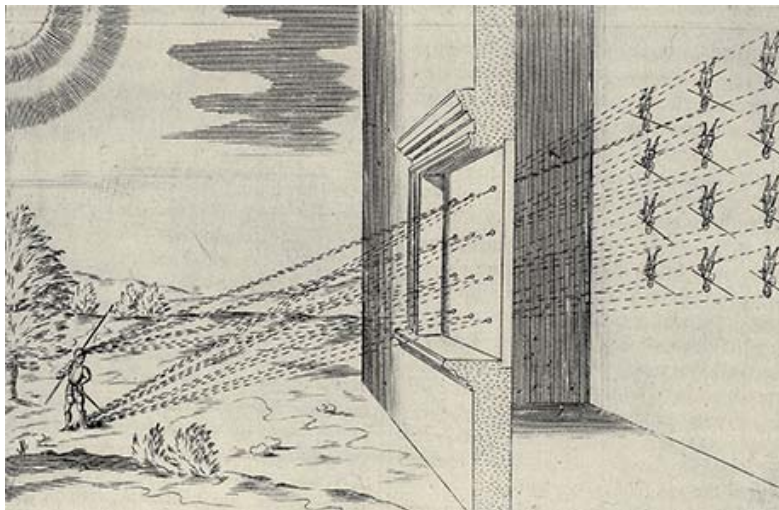
Cada día aparecen nuevos padres de la cámara oscura y aún se la considera erróneamente un logro más del renacimiento europeo. Hoy, este dispositivo ha sido retomado por algunos fotógrafos contemporáneos para realizar “innovadoras” tomas fotográficas, pero sobre todo ha sido popularizada por el supuesto uso que hicieron de ella pintores como **Johann Vermeer** [1632-1675] y otros artistas del siglo XVII holandés.

En 1685, el alemán **Johann Zahn** [1631-1707] publicó su obra ***Oculus artificialis teledióptricus***, un trabajo en el que reúne todos los tipos de cámaras oscuras existentes en ese tiempo y explica el funcionamiento del modelo básico que se mantendrá sin cambios hasta la invención de la fotografía el siglo XIX. Este modelo consistía en un espejo inclinado que refleja la imagen y la proyecta en 45° sobre un papel colocado en el cristal de la parte superior del aparato. La lente está situada en el extremo de un cilindro que se desliza dentro de otro con el fin de enfocar a diferentes distancias.

Sin embargo, no existe absolutamente ninguna prueba documental del hecho – dado por cierto- que los pintores del siglo XVI y XVII hayan utilizado algún tipo de cámara oscura en sus creaciones. Sólo a partir del siglo XVIII, perfeccionada con lentes y otros artilugios accesorios fue ampliamente utilizada por los pintores, especialmente los paisajistas. Su estudio y manejo llegó incluso a ser una asignatura fundamental en la academias de Bellas Artes.

Por eso se suele decir que la cámara oscura es la precursora de la cámara fotográfica. En este sentido, el hecho más destacable en esa evolución fue la introducción de lentes en el orificio de entrada de luz. Partiendo con una lente única en la abertura, la óptica evolucionó hacia el **objetivo**, que es básicamente un conjunto de lentes dispuestas “en tren” alojadas en un cilindro. Las lentes se hicieron móviles para obtener diferentes enfoques y distancias focales.

La innovación de la técnica fotográfica no fue óptica sino básicamente química: la posibilidad de fijar la imagen en un soporte. Los aspectos ópticos estaban en gran medida ya solucionados. La instauración de la fotografía fue posible porque bastó colocar el material fotosensible en el plano de proyección de la imagen formada por una cámara oscura.

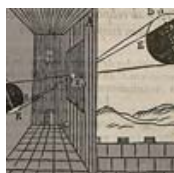


Mario Bettini [1582 .657]

Cámara Oscura en *Apiaria universae philosophiae mathematicae* [1642]

Bologne, typis J. B. Ferronii, 1642, p. 38

En este grabado, incluido en *Apiaria universae philosophiae mathematicae* de Mario Bettini, toda la sala se convierte en una cámara oscura, mientras que la ventana permanece completamente opaca. Practicando tres pequeños agujeros, la luz pasa a través de estas aberturas y crea la proyección de imágenes en movimiento en la pared. Cegada la ventana, es esta obturación la que permite el falso espectáculo "virtual".



LA CÁMARA OSCURA ÓPTICA I

Óptica y Arte bajo el hechizo de la imagen proyectada
por Wolfgang Lefèvre



VERMEER Y LA CÁMARA OSCURA

por Philp Steadman [*]



EL SIGLO DE ORO HOLANDES EN DELFT:

Vermeer, Van Leeuwenhoek y Spinoza...



EL SIGLO DE ORO HOLANDES

La Edad de Oro de la Pintura