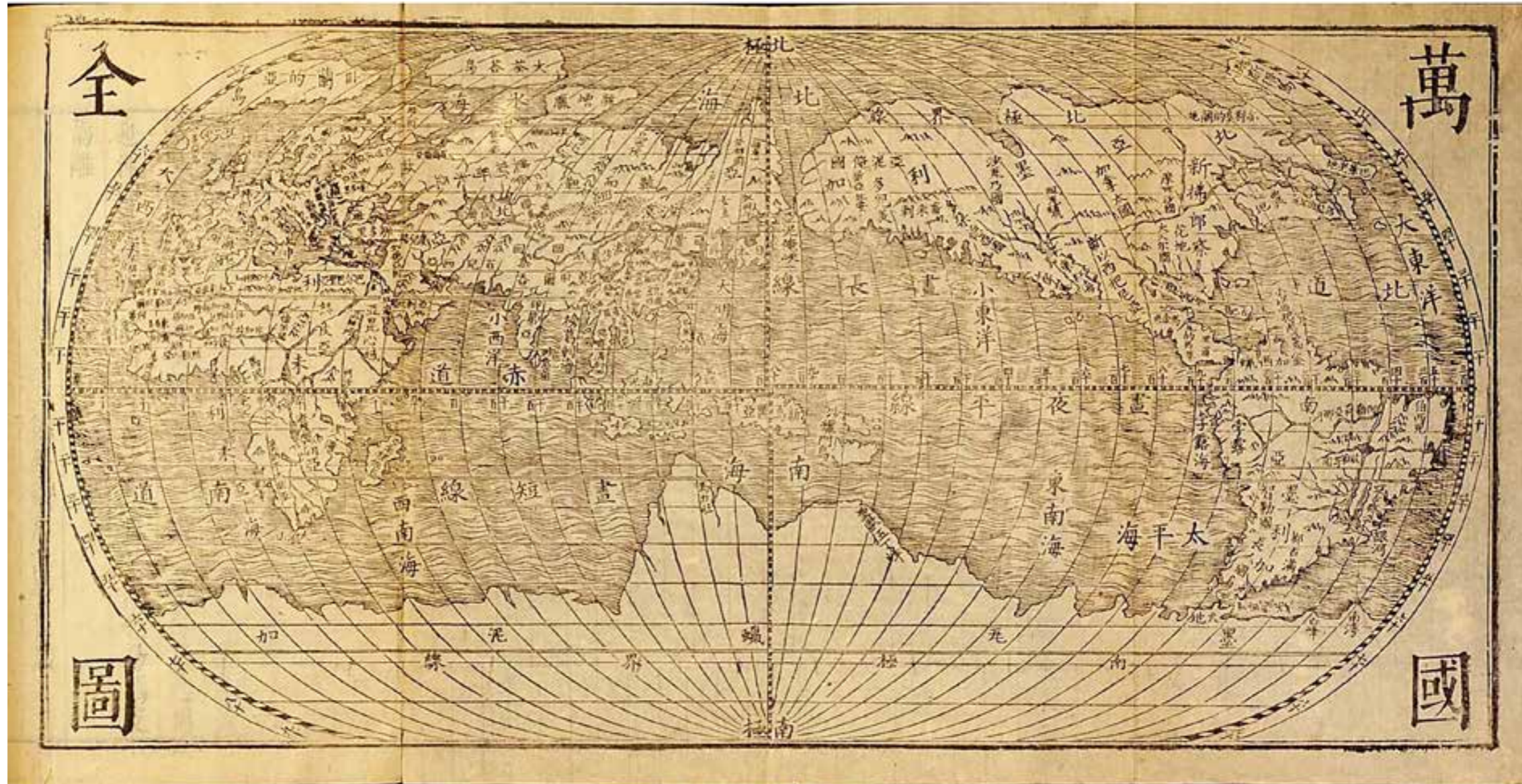


“Muchos inventos y avances científicos y tecnológicos de occidente eran conocidos en China varios siglos antes”.

LA ÓPTICA EN LA CHINA IMPERIAL

POR JUAN A. VALLÉS





Mapamundi de Matteo Ricci, quien introdujo los principales conocimientos técnicos, matemáticos y cartográficos de Europa en China a finales del siglo XVI.

martayanlan.com

Debido a numerosos factores como la dificultades en las comunicaciones, la secular autosuficiencia de la China Imperial o el desarrollo a partir del siglo XVII en Europa de la Ciencia Moderna, hasta muy recientemente ha existido en occidente un casi absoluto desconocimiento de los logros alcanzados desde la Antigüedad por la Ciencia y la Tecnología chinas, los cuales le permitieron ponerse a la cabeza del mundo durante buena parte de la Historia de la civilización humana.

Gracias a la labor de recopilación y sistematización de documentos llevada a cabo a lo largo del siglo XX tras la caída del sistema imperial por algunos sinólogos, y en especial por Joseph Needham (1900-1995), quien dedicó toda su vida al estudio de la Historia científica, tecnológica y médica de China, esta situación ha cambiado radicalmente, habiéndose comprobado que muchos inventos y avances científicos y tecnológicos de occidente eran conocidos en China varios siglos antes. En 1620 el filósofo in-

glés Francis Bacon (1561-1626) afirmó que los tres inventos más importantes para la humanidad, que habían contribuido a transformar el mundo y a desligarlo de la Antigüedad y del Medievo, eran la pólvora, la imprenta y la brújula. Bacon les atribuía a los tres orígenes "oscuros y anónimos", desconociendo que los tres habían tenido su origen en China.

En este panorama la Óptica no es una excepción. En la mayor parte de las revisiones históricas de las ideas sobre la luz, la visión o los desarrollos relacionados con la Óptica no se hace ninguna referencia a China. Sin embargo, la Óptica china compitió en su desarrollo con la griega, y se mantuvo a la par con la occidental hasta el siglo XVII. En este artículo vamos a intentar revisar cronológicamente las principales aportaciones realizadas por la China Imperial a la Óptica. El intervalo temporal que abarcaremos (casi 3000 años) es enorme, pero ¿qué no lo es cuando se habla de China?

LOS PRIMEROS ESPEJOS Y SUS PROPIEDADES

Se cree que los primeros espejos chinos estaban hechos sucesivamente de jade pulido, de hierro y, a continuación, de bronce. Los espejos de bronce más antiguos que se han encontrado, en la tumba de la reina Liang del estado Guo (centro de China), se remontan al 760 a.C. Se trata de verdaderas obras de arte con exquisitas decoraciones en relieve en la parte posterior (con figuras mitológicas, fenómenos astronómicos, dragones, plantas, pájaros, etc). En aquella época el uso de espejos se limitaba al emperador y la nobleza, utilizándose como regalos en ocasiones especiales.

Al igual que en otras culturas de la Antigüedad, en China se atribuía a los espejos propiedades mágicas para proteger del mal. Así, se habla de espejos que con fines curativos permitían ver los órganos internos. O con poderes protectores sobrenaturales, de forma que llevar un espejo colgado en la espalda protegía de



▲
Mozi, filósofo chino fundador del Mohismo (izquierda) y Joseph Needham, investigador sobre la Ciencia y la Tecnología chinas en la Antigüedad (derecha).

totallyhistory.com
baike.so.com

demonios que se harían visibles cuando su imagen se reflejase en el espejo. Dado que los espejos eran capaces de captar el alma de las personas, su rotura era causa de mala suerte. Asimismo, en China los adivinos practicaban la Catoptromancia, el uso de espejos (u otras superficies reflejantes) para, una vez en estado de trance, ver en ellos lo que el resto de los mortales no podía ver y acceder al conocimiento en poder de los ancestros.

Aún hoy en día, los espejos juegan un rol esencial en el Feng Shui, antiguo sistema filosófico chino de origen taoísta basado en la ocupación consciente y armónica del espacio, con el fin de lograr de este una influencia positiva sobre las personas que lo ocupan. De acuerdo con Feng Shui, los espejos deben redirigir el *qi* (el aliento vital) en la dirección adecuada, apartando a su vez la energía dañina.

LA ÓPTICA MOHISTA

El periodo de los Reinos Combatientes, entre 475 y 221 a. C., fue una época de prosperidad académica y científica en China, en la que se establecieron muchas escuelas de aprendizaje. Algunas como el Confucianismo y el Taoísmo son muy conocidas en occidente. Una escuela menos conocida, pero particularmente importante con respecto a la ciencia y la tecnología es el Mohismo. Fue fundada por Mo Zi (468 - 376 a. C.), un filósofo, pensador, científico, ingeniero y estratega militar. Sus muchas contribuciones a las Ciencias Naturales en la Mecánica, Acústica, Óptica y otros campos se recogen en el *Libro de Mo Zi*. Desgraciadamente, una gran parte del libro original se ha perdido y las transcripciones que sobreviven son muy fragmentadas. Parece comprobado que Mo Zi llevó a cabo experimentos en Óptica y en sus escritos se incluyen los conceptos y aplicaciones básicos de la Óptica lineal. A continuación enumere-

ramos sus principales contribuciones, donde las citas corresponden a los extractos del *Libro de Mo Zi* traducidos por J. Needham:

- **Propagación rectilínea de la luz.** "Una persona iluminada brilla como si estuviera disparando (rayos) hacia adelante." Está en oposición a la antigua concepción griega del ojo lanzando rayos sobre el objeto de la visión.
- **Formación de sombra, umbra y penumbra.** "Cuando hay dos sombras es porque hay dos fuentes de luz. Y por eso se obtiene una sombra de cada punto de luz. Si la fuente de luz es menor que el poste, la sombra será más grande que el poste. Pero si la fuente de luz es más grande que el poste, la sombra seguirá siendo mayor que el poste. Cuanto más lejos (de la fuente de luz) esté el poste, más corta y más oscura será su sombra; cuanto más cerca (de la fuente de luz) esté el poste, más larga y más clara será su sombra".
- **Reflexión por espejos planos.** "Una sombra se puede formar por los rayos del sol reflejados." "Si los rayos del sol se reflejan (de un espejo plano perpendicular al suelo) hacia una persona, se forma la sombra (de esa persona) (en el suelo) entre dicha persona y el sol." "De pie en un espejo plano y mirando hacia abajo, se encuentra que la imagen de uno se invierte. (Si se utilizan dos espejos) cuanto más grande (el ángulo formado por los espejos) el menor número de las imágenes". "Un espejo plano tiene una sola imagen. Si dos espejos planos se colocan en ángulo, habrá dos imágenes. Si los dos espejos se cierran o abren (como en una bisagra), las dos imágenes se reflejan entre sí. Hay muchas imágenes, pero (el ángulo entre los dos espejos) deben ser menor que cuando estaban originalmente en la misma línea (es decir, 180 grados)".
- **La reflexión y la concentración de la luz por espejos cóncavos.** "Con un espejo cóncavo, la imagen puede ser menor e invertida, o más grande y derecha." "Toma en primer lugar un objeto en la región entre el espejo y el punto focal. Cuanto más cerca esté el objeto del punto focal (y por lo tanto, cuanto más lejos del espejo), mayor será la imagen. Cuanto más lejos está el objeto del punto focal (y por lo tanto más cercano al espejo), menor será la imagen. En ambos casos la imagen será derecha. Desde el borde de la región central (es decir, casi en el punto focal), y yendo hacia el espejo, todas las imágenes serán más grandes que el objeto, y en posición derecha." "Toma a continuación un objeto en la región fuera del centro de curvatura y lejos del espejo. Cuanto más cerca esté el objeto del centro de curvatura, mayor será la imagen. Cuanto más lejos está el objeto del centro de curvatura, menor será la imagen. En ambos casos se invierte la imagen." "Toma por último un objeto en la región en el centro (es decir, la región entre el punto focal y el centro de curvatura). Aquí la imagen es mayor que el objeto (e invertida)".
- **Reflexión de la luz por los espejos convexos.** "Con un espejo convexo solo hay un tipo de imagen." "Cuanto más cerca esté el objeto del espejo más grande será la imagen. Cuanto más lejos esté el objeto más pequeña será la imagen. Pero en ambos casos la imagen será derecha."
- **La refracción de la luz y el índice de refracción del agua.** "El tamaño (aparente) de una espina (en agua) es tal que la parte hundida parece poco profunda. La diferencia entre la profundidad real y aparente es de una parte en cinco". Esto daría un índice de refracción de 1.25 para el agua, en comparación con el valor real 1.33.



▲
Liu An, académico y pensador de la dinastía Han, realizó importantes contribuciones a la Óptica.

english.ah.gov.cn



pixabay.com

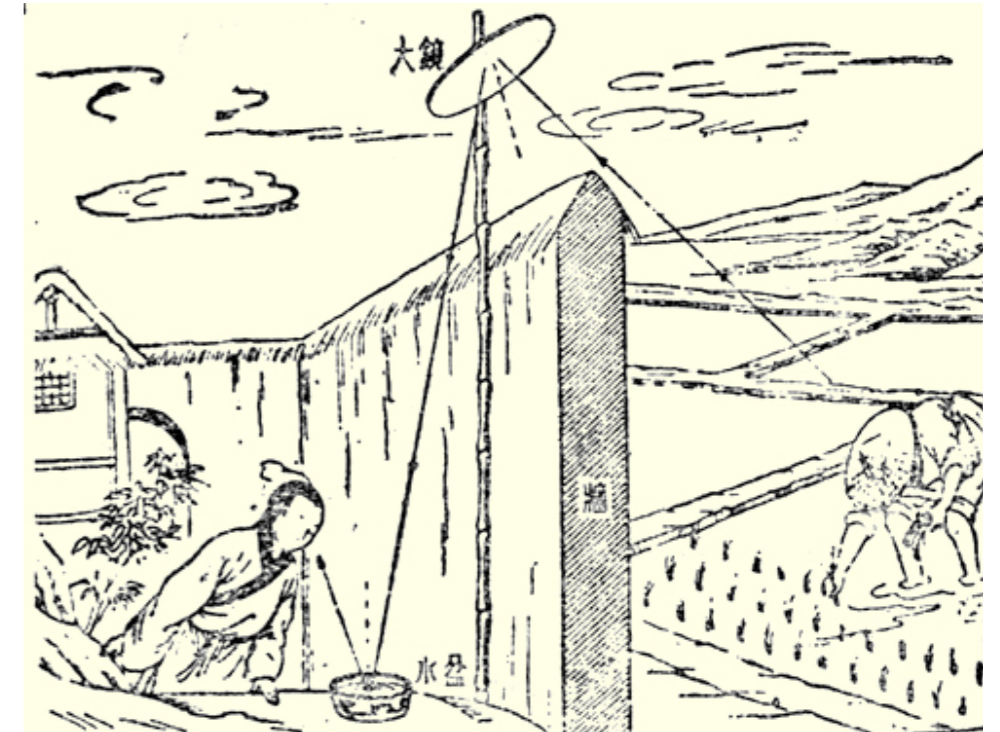
Para analizar la relevancia de estas aportaciones basta valorarlas con la perspectiva del desarrollo de la Óptica en Grecia. La teoría sobre la visión más antigua y aceptada fue la creencia pitagórica (siglo VI a.C.) de que los rayos eran emitidos por el ojo, se propagaban en línea recta hasta el objeto y al tocarlo daban lugar a la visión. La única obra contemporánea a la de los mohistas es la de Euclides, *Catóptrica*, que incluía 58 teoremas de base geométrica basados en 4 definiciones (todas ellas conocidas por los mohistas). No se conoce ningún trabajo suyo sobre espejos. La obra más antigua griega sobre espejos es de Herón de Alejandría alrededor del año 100 d.C. y por lo tanto muy posterior a los mohistas.

Sin embargo, posteriormente, la Óptica de Ptolomeo escrita a principio del siglo II de nuestra era va mucho más allá de cualquier exposición sistemática que haya llegado hasta nosotros en la literatura china y trata no solo de espejos sino de la refracción, abordando problemas como el cálculo de las posiciones reales de los cuerpos celestes teniendo en cuenta la refracción producida en la atmósfera terrestre.

“El tamaño (aparente) de una espina (en agua) es tal que la parte hundida parece poco profunda. La diferencia entre la profundidad real y aparente es de una parte en cinco”.

Ilustración del primer periscopio de vigilancia según Ling-An Wu, Gui-Gu Long, Quihuang Gong y Guang-Can Guo.

light2015blog.org



En China parece que nunca hubo una teoría acerca del ojo emitiendo rayos, estando pues más cerca de las ideas epicúreas. En occidente la creencia errónea de los pitagóricos se mantuvo hasta la obra de Alhazen (965-1039).

LA ÓPTICA EN LA DINASTÍA HAN

Liu An (179 - 122 a.C.), rey de Huai-Nan en la dinastía Han del Oeste, maestro taoísta y pensador, también hizo importantes contribuciones a la Óptica. Estas se recogen en el *Libro de Huai-Nan* y el *Wan-Bi-Shu*. En ellos se describe la reflexión de la luz en múltiples espejos, que se utiliza para construir el periscopio de vigilancia más antiguo del mundo. También se relata la focalización de la luz del sol para encender un fuego usando un espejo cóncavo o una lente hecha de hielo.

- **Periscopio de vigilancia.** La reflexión de la luz por espejos múltiples, así como por la superficie del agua, era bien conocida por entonces, y se documentó que "si se cuelga un gran espejo (por encima de una gran cubeta llena de agua), se puede ver, aun sentado, a cuatro vecinos". Con un montaje como este, un soldado detrás de una pared podía ver lo que sucedía fuera o un propietario podría supervisar a los siervos que trabajaban sus tierras. Este fue probablemente el primer periscopio de vigilancia del mundo.
- **Espejos ustorios.** Mucho antes de la era cristiana los chinos habían aprendido a hacer espejos cóncavos, capaces de "atraer el fuego del sol". El fundido de estos espejos sagrados debía hacerse a medianoche durante el solsticio. Su uso está claramente descrito en el *Libro del Maestro de Huai-Nan*: "Es como la recogida de fuego con un espejo. Si la yesca se coloca demasiado lejos, el fuego no se puede conseguir. Si se coloca demasiado cerca, su punto central

no será alcanzado tampoco. Debe ser exactamente entre *demasiado lejos y demasiado cerca*". Se utilizaban para encender fuegos sagrados en los templos con métodos de ignición que no fuesen impuros, tal como en la Grecia Clásica, el fuego sagrado perpetuo en los templos o la antorcha olímpica debían ser puros y venir directamente de los dioses. También para encender fuegos sagrados o para cauterizar heridas se emplearon lentes primitivas. Entre ellas merece la pena destacar las lentes de hielo.

- **Lentes de hielo.** La obtención de fuego a partir de hielo se menciona en el *Huai Nan-Wan-Bi-Shu*: "Un trozo de hielo se corta con la forma de una bola y se mantiene frente al sol. Se sitúa yesca para recibir el haz luminoso desde el hielo, y así se produce el fuego". Esto es bien conocido en el noreste de China, donde hasta hoy en día a los niños que juegan al aire libre en el invierno les gusta hacer lentes de hielo.

- **Espejos mágicos.** De la dinastía Han (202 a.C. - 220 d.C.) datan también los primeros *espejos mágicos*. Estos espejos hechos de bronce pulido tienen grabados diseños en su parte posterior. Cuando el espejo se ilumina y se orienta de modo que refleje la luz en una pared oscura, el dibujo ornamental de la parte posterior se hace visible en la pared. Durante mucho tiempo cómo se transmitía el diseño de la parte trasera a la delantera del espejo constituyó un misterio. Aunque las superficies de los espejos estén pulidas, se producen ligeras deformaciones convexas y cóncavas causadas por las diferentes velocidades de enfriamiento de las partes más gruesas y delgadas, que reproducen el diseño posterior. El proceso de pulido (las zonas más delgadas son más flexibles que las más gruesas) exagera las ligeras diferencias en el espesor. Las zonas convexas dispersan la luz, y producen regiones más oscuras en la reflexión. Las cóncavas concentran la luz y dan lugar a regiones más claras. Aunque no podemos ver el diseño en la superficie del espejo, la luz es capaz de extraerlo al reflejarse en su superficie.

LENTE Y GAFAS

Los chinos no pudieron manufacturar lentes anteriormente puesto que desconocían el cristal de roca o el vidrio. En el *Libro de las Transformaciones*, un clásico taoísta atribuido a Tan Qiao y datado en 930 d.C., se recoge la primera referencia conocida a los cuatro tipos de lentes incluyendo una deliciosa pincelada de relativismo: "llevo siempre conmigo cuatro lentes. La primera se llama *gui* (el "cetro", una lente bicóncava divergente). La segunda se llama *zhu* (la "perla", biconvexa). La tercera se llama *zhi* (la "piedra de afilar", plano-cóncava). La cuarta se llama *yu* (el "tazón", plano-convexa). Con *gui* el objeto es más grande (que la imagen). Con *zhu* el objeto es más pequeño (que la imagen). Con *zhi* aparece la imagen en posición vertical. Con *yu* la imagen aparece invertida. Cuando uno mira formas o figuras humanas a través de tales instrumentos, uno se da cuenta de que no hay tal cosa (absoluta) como grande o pequeño, corto o largo, bello o feo, deseable o aborrecible". Debe destacarse que el primer tratado europeo sobre los diferentes tipos de lentes aparece en la obra *De refractione optices parte libri novem* de Giambattista della Porta en 1593.

Por otro lado, aunque se ha llegado a afirmar que la invención de las gafas era china, estas probablemente llegaron a China bien por tierra desde el norte o por intercambios marítimos por el sur. Esta llegada se produjo en cualquier caso poco tiempo después de su invención en Europa, alrededor del 1286 d. C. Anteriormente, durante la dinastía Song (960 - 1279 d. C.) se utilizaban dos técnicas que pueden considerarse precursoras de las lentes oftálicas.

Una es la lupa y otra las gafas oscurecidas. Alrededor del 1110 d.C. Liu Chi describió cómo jueces usaban lentes de aumento de cristal de roca para descifrar documentos ilegibles en procesos judiciales. Asimismo, utilizaban gafas oscurecidas hechas de cuarzo ahumado, no para proteger sus ojos del sol como hacemos en la actualidad, sino para esconder de los litigantes sus reacciones ante las pruebas o testimonios. Gafas opacas con rendijas se utilizaban desde tiempos remotos como gafas para la nieve por tibetanos y mongoles, y los chinos también hicieron uso de ellas.

LA CAMERA OBSCURA Y EL ZOOTROPO

La primera mención de este tipo de dispositivo fue por el filósofo chino Mo-Zi (siglo V a.C.), que registró la creación de una imagen invertida formada por los rayos de luz que pasan a través de un orificio en una habitación a oscuras. Tras él grandes científicos como Aristóteles, Alhazen o Leonardo Da Vinci experimentaron con ella y describieron su principio óptico. En 1544 se usó en la observación de un eclipse solar. La calidad de imagen se mejoró con la adición de una lente convexa en la abertura en el siglo XVI y la posterior adición de un espejo para reflejar la imagen hacia una superficie de visualización. A partir de entonces, muchos artistas se ayudaron de la cámara oscura en sus dibujos. A principios del siglo XIX la cámara oscura estaba preparada para aceptar una lámina de material sensible a la luz para convertirse en la cámara fotográfica.

El ingeniero, artesano e inventor Ding Huan, que vivió en el siglo I a.C. durante la dinastía Han, desarrolló un instrumento óptico que consistía en una banda circular con imágenes de pájaros y animales situada alrededor de una lámpara y que giraba debido a las corrientes de convección generadas por el calor de la lámpara, con lo que las imágenes parecían moverse de forma natural al encenderse aquella. J. Needham sostuvo que este instrumento pudo ser un primitivo zootropo, un ingenioso artefacto compuesto por un cilindro con imágenes en su interior y una serie de ranuras y que produce la ilusión de que se mueven unas figuras dibujadas, a causa de la persistencia de las imágenes en la retina y que (re)inventado en Europa alrededor de 1830 constituyó un importante predecesor para el desarrollo del cine a finales del siglo XIX.

Juan A. Vallés.
Dpto. de Física Aplicada.
Facultad de Ciencias.
Universidad de Zaragoza.

REFERENCIAS:

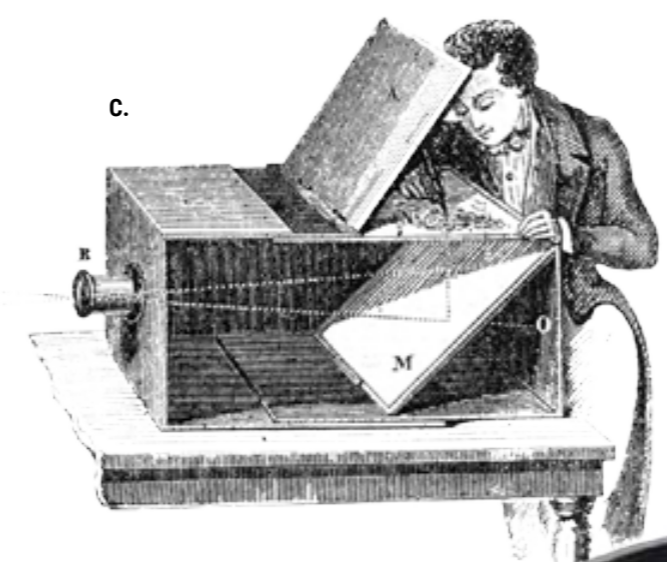
- Ronan C. A. and Needham J., *The shorter Science and Civilization in China: 2*, Cambridge Univ. Press, 1981.
- Pendergrast M., *Mirror mirror. A history of the human love affair with reflection*, Basic Books, 2003.



A.



B.



C.



D.

A) Lente de hielo.

B) Parte posterior ornamentada de un "espejo mágico" de bronce.

C) Cámara oscura de mesa, utilizada para facilitar reproducciones de escenas o perspectivas.

D) Zootropo, precursor del cine y la animación.

flickr.com (A).
El Correo, octubre 1988,
Editorial Debate, Madrid (B).
vitullo.wordpress.com (C).
wikipedia.org (D).

“Los chinos no pudieron manufacturar lentes anteriormente puesto que desconocían el cristal de roca o el vidrio”.