

# Óptica precolombina del Perú

J.J. Lunazzi

Instituto de Física - Universidad Estatal de Campinas-Campinas-SP-Brasil; lunazzi@ifi.unicamp.br

**Sumario.** Es común encontrar espejos arqueológicos en América y también que en los artículos de los arqueólogos se refieran a la calidad de estas imágenes. Pero registros fotográficos certificando esta calidad son raros, casi inexistentes. Por lo que conocemos, existen solamente dos trabajos fotográficos de esta naturaleza para espejos Olmecas, y sólo uno para el caso de las culturas preincaicas. Más imágenes serían necesarias para destacar y, consecuentemente concientizar, la importancia que tienen estos sofisticados elementos formadores de imágenes en la evaluación del nivel cultural de las civilizaciones precolombinas. Mostramos en este artículo imágenes registradas por medio de espejos y de la acción de lente del elemento de un collar. Los trabajos fueron realizados en tres museos de Lima: Museo Nacional de Arqueología, Antropología e Historia del Perú; Museo Larco y Museo del Oro y Armas del Mundo de Lima.

**Abstract.** Archaeological American mirrors are common findings and the images obtained with them are often described by archaeologists as possessing high quality. However, photographs attesting this fact are rare, if any. To the best of my knowledge, only two papers show that quality concerning the Olmeca culture, and only one of them mentions the pre-Inca cultures case. Certainly more images are needed to increase awareness of the importance of the existence of sophisticated imaging elements, particularly when evaluating the cultural degree of the pre-Columbian civilizations. In this paper we show images made in three museums in Lima, Peru, by means of mirrors and the lens action on a necklace element.

## 1 Introducción

En visitas al Museo Nacional de Antropología en la ciudad de Méjico, realizadas en los años 2002 y 2005 respectivamente, se observó que en dos salas había expuestos en sus vitrinas espejos de increíble calidad que correspondían a la civilización Olmeca. Sin embargo, no había ninguna indicación escrita o comentada por los guías que permitiera al público informar de que se trataban esas piezas. Aparentando así, ser medallas u objetos de importancia menor. La distribución de los elementos hecha por el escaparatista fue lo que permitió deducir que estaba frente a espejos y así ver mi rostro reflejado<sup>1,2</sup>. De la ref. [1] puede encontrarse una versión en <http://www.arxiv.org/pdf/physics/0701328>. De la ref. [2] en <http://www.arxiv.org/pdf/physics/0701328>. Bus-

cando en la bibliografía fueron encontrados varios artículos sobre el tema<sup>3,4,5,6</sup> pero ningún trabajo donde imágenes hechas con espejos arqueológicos fuesen mostradas, con excepción de una<sup>7</sup> que mostraba un espejo plano con una figura de cerámica al lado, correspondiente a un espejo Chavín del Museo Chileno de Arte Precolombino de Santiago de Chile.



**Figura 1.** Espejo de antracita donde la falta de iluminación no permite obtener imágenes reflejadas.



**Figura 2.** Collar preincaico con un elemento central con suficiente esfericidad como para constituir una lente.

Encontramos la ref. [4] en: <http://www.doaks.org/QU-GO.html>, la [5] en: <http://www.doaks.org/Gener/gen05.pdf>, la [6] en: <http://www.angelfire.com/zine/meso/meso/mochemaya-conf.txt>.

En 2006 en visita a museos en la capital del Perú constaté que allí sí los espejos estaban indicados como

tales en las vitrinas, recibiendo una ref. importante<sup>8</sup> de más de sesenta años atrás sobre el tema del que también se trata más recientemente<sup>9,10,11</sup>.

Encontramos la ref. [9] en: <http://www.ucm.es/BUCM/revistas/ghi/05566533/articulos/REAA9999110065A.pdf>, la [10] en: <http://www.optvissci.com/pt/re/ovs/abstract.00006324-200610000-00017.htm> y la [11] en: <http://www.ucm.es/info/giboucm/Download/refCubanaFisi.pdf>. Pero en estas ref.s, en ningún momento se mostraba una imagen ni se daba la oportunidad de que el público viera su propia imagen reflejada, algo que sin duda haría que todos se interesaran mucho más por las piezas expuestas. Entre las réplicas que se vendían tampoco había un único espejo, lo que se interpreta como una falta de conocimiento y que llevó al autor a querer obtener, mostrar y disponibilizar en la internet esas valiosas imágenes que son tan poco conocidas, para que sean más apreciadas por el público y hasta para que quienes buscan en las excavaciones no se equivoquen tomando esos elementos como simples medallas, por ejemplo. Para esto visitó tres museos en Lima: Museo Nacional de Arqueología, Antropología e Historia del Perú, Museo Arqueológico Rafael Larco Herrera, Museo de Oro y Armas del Mundo. En la visita al primero, los elementos que presentan efectos de óptica no pueden ser apreciados, tanto por su ubicación como por su calidad. Vemos en la figura 1 un espejo del que no fue posible obtener ninguna imagen reflejada.

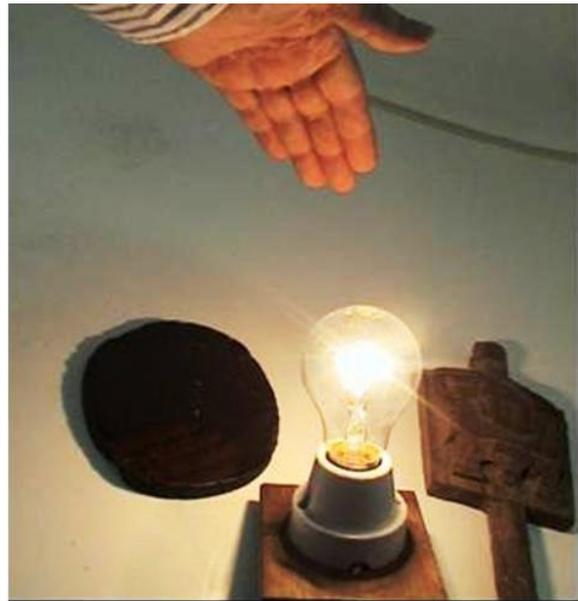
La falta de calidad o deterioro del elemento principal del collar que mostramos en la figura 2 y la falta de un elemento por detrás que sirviese como generador de una figura impiden una imagen refractada que podría pretenderse en su elemento principal central:

## 2 Imágenes obtenidas con espejos preincaicos

La visita al Museo Larco fue extremadamente afortunada: la gentileza y respeto de sus empleados para el investigador universitario y la calidad del material que se pudo manipular fuera de la vitrina permitió obtener imágenes de buena calidad usando una iluminación simple como muestra la figura 3. La figura 4 nos muestra la imagen de una mano en espejo plano de antracita donde a pesar de las fracturas y rayas se puede apreciar que la calidad es próxima a la de buenos espejos modernos. Sus dimensiones son entre 121 y 126 mm y pertenece a la cultura Cupisnique, periodo (Rowe-1960) Horizonte Temprano (900-200 a.C.). Peso 262 g.

La figura 5 nos muestra la imagen reflejada por otro espejo de antracita, éste de formato rectangular y con calidad algo mayor que la del anterior. Tiene 127 mm de largo y 95 de ancho, espesor de 17 mm y también es de la cultura Cupisnique. Para dar una idea mejor de la calidad recurrimos a un objeto con líneas que si bien algunas tienen curvatura todas tienen bordes bien definidos, como se ve en la figura 6. Una impresionante cantidad de espejos dignos de análisis de su calidad y propiedades

ópticas se encuentra en exhibición en el Museo del Oro y Armas del Mundo de Lima. Vemos sólo algunos de una centena que se encuentran en una vitrina, en la figura 7.



**Figura 3.** Espejo circular de antracita visto frontalmente, lámpara de filamento iluminadora y dorso del soporte de un pequeño espejo, que no contiene espejo. Arriba: mano del autor.



**Figuras 4 y 5.** Imágenes de una mano reflejadas en un espejo circular y otro rectangular de antracita.



**Figura 6.** Imagen reflejada en espejo de antracita de un objeto con bordes bien definidos. No se debe confundir la curvatura original de las franjas con un defecto del espejo.

Resulta oportuno comentar que los espejos tenían diferente poder reflectivo, y que esto podría deberse a la manera como el mineral fue cortado, si a lo largo de su línea de clivaje o perpendicularmente a ella<sup>12,13</sup> (Incluyendo la antracita en la lista de materiales de espejos arqueológicos en América, sumada a la hematita, ilmenita, magnetita<sup>2</sup> de los Olmecas, a la pirita de los Mayas y de la civilización de Teotihuacan<sup>14</sup>, agreguemos también que existen espejos hechos de obsidiana, como por ejemplo en la arqueología de Chorrera, Ecuador<sup>15</sup>, y en la de los Aztecas<sup>16</sup>. Tenemos acceso a las ref. 13 y 14 en: [http://www.ucm.es/info/giboucm/Download/Calvo\\_Atti\\_2007.pdf](http://www.ucm.es/info/giboucm/Download/Calvo_Atti_2007.pdf) y <http://www.blackwellpublishing.com/seriesbyseries.asp?ref=BGAZ>; a la 15 en: <http://www.doaks.org/Ecuador/Ecuador10.pdf>. En algunas civilizaciones de América del Norte se han encontrado espejos, pero de menos calidad, hechos de mica o de pizarra (siendo que esta última sólo refleja cuando está mojada).

### 3 Espejos metálicos

Un colega peruano comentó que era prohibido mirar a los ojos del Inca, y que éste tenía una medalla en el pecho donde la persona se veía invertida y por lo tanto debía considerarse avasallada por su poder. Viendo los pectorales que se encuentran en los museos tenemos que todos ellos son metálicos, seguramente hechos de oro o aleaciones. Planos, y sin generar imágenes reconocibles. Resulta difícil por otra parte decir si algún espejo curvo podría tener la calidad suficiente como para generar una imagen, al igual que los espejos olmecas la tienen<sup>2</sup>. A pesar del reducido tiempo y espacio de que se dispuso, y sin poder posicionar la muestra por el lado cóncavo, entendemos que el elemento de la figura 8, existente en el Museo del Oro y Armas del Mundo de Lima, tendría condiciones de realizar una imagen invertida y también de quemar por los rayos solares, la función que parece más probable para ese espécimen.

Una escena filmada obstruyendo la iluminación que incidía directamente sobre el espejo permitió analizar la calidad de éste, viendo la imagen de la cámara (imagen divergente de tamaño reducido). Si bien ésta presentaba baja calidad, es un indicio de que no sería imposible realizar imágenes convergentes que además de invertidas aparecerían flotando en el aire entre el espejo y el observador. Ese aumento puede llegar a cinco veces como se observa en una dirección más que en la otra, el elemento funciona como una lupa y también tiene poder concentrador de la luz, nótese el haz de luz que se forma saliendo de la lente y yendo hacia la parte inferior de la figura es consecuencia de la lámpara de filamento estrecho que iluminaba.

Compartiendo otras opiniones<sup>17</sup>, se podría afirmar que es improbable que los dos efectos no hayan sido notados y utilizados intencionalmente en su época, ya sea para ver la estructura de la piel, de insectos, hojas, etc., bien como para hacer fuego con el sol. La pieza pertenece al

Museo Larco y corresponde a la cultura Mochica, medallón de cuarzo que podría haber sido realizado entre 2200 y 1400 años atrás.



**Figura 7.** Algunos espejos, en su mayoría todos planos, y que llegan a medir 20 cm. Nótese la imagen completa de uno de ellos reflejada en otro.



**Figura 8.** Medalla o probable espejo metálico de unos 9 cm de diámetro.



**Figura 9.** Aumento por refracción conseguido con un elemento de collar de forma ovoide.

## 4 Polarización: otro efecto óptico existente en estas culturas

Se completa esta breve reseña con un relato que al autor, como físico, le resulta sumamente interesante pero que no puede dejar de merecer la atención por parte de la arqueología: el conocimiento de figuras que son creadas en la retina por efecto de la polarización de la luz, su vibración transversal en una única dirección.

## 5 Lentes preincaicas

El resultado más novedoso sin embargo fue el realizado con la cuenta principal de un collar, que si bien es de forma ovoide amplia imágenes por refracción casi como un elemento esférico. Colocado sobre papel milimetrado se nota el gran aumento (Figura 9)

Es muy fácil probar que en un día de cielo limpio la luz azul que la atmósfera nos envía está polarizada, y que si miramos en una dirección determinada recibiremos una polarización suficientemente pura como para la realización de cualquier experimento con ella. Sabemos que las abejas usan esta dirección para orientarse en su vuelo y que la visión humana es prácticamente insensible a la polarización luminosa. Hay sin embargo un efecto residual conocido por el que la luz polarizada en condiciones adecuadas genera en el observador una figura, y esta figura, que se denomina “Cruz de Heidinger”, tiene un formato parecido al de la Cruz de Malta. Pues bien, según el profesor Aníbal Valera, hay diversos ejemplos de un tipo de estatuilla donde un individuo está colocando los ojos sobre una vasija y en su frente está dibujada con los colores correspondientes esa que sería la Cruz de Heidinger<sup>18</sup>. El texto citado trata de la óptica ondulatoria e incluye el asunto citado en las páginas 21 a 23, incluyendo la foto de una estatuilla de la cultura Chao donde un hombre está mirando en un “espejo de agua”, vasija chata y ancha. Según su ref., el “Génesis de la Cultura Andina”, Carlos Milla, 1992, las culturas del sur de Perú Moche y Nazca representaron con frecuencia esa cruz. Las condiciones para ver la cruz serían la de tener un cielo nublado reflejándose en el agua en un ángulo de unos 60 grados (sería de aproximadamente el llamado “Ángulo de Brewster”).

## 6 Detalles experimentales

Las fotos fueron tomadas con iluminación artificial y dos cámaras digitales en modo de exposición automática. Filmadora SONY Handycam DCR-DVD301 en modo fotografía a 1.152 x 864 pixeles y la otra Olympus FE-100, 5 Megapixel, nitidez 1.600 x 1.200.

## 7 Comentarios

El autor desea comentar que el análisis científico de los espejos arqueológicos no puede quedar limitado al campo de los arqueólogos: un trabajo interdisciplinario sería oportuno. Se necesita también personal que se proponga recrear las técnicas, construyan los espejos de modo

intuitivo y supongan maneras de uso. Y de físicos que constaten ese uso, como por ejemplo, en el caso específico de hacer fuego. Éstos, junto a especialistas en materiales podrían intentar evaluar el grado de degradación que la superficie de las piezas ha sufrido con el uso y el tiempo y reconstruir espejos que dieran la noción más cabal de la calidad de las imágenes posibles. Los museos por otro lado, deberían dar importancia al asunto colocando en las vitrinas buenos indicadores del objeto especial de que se trata y una iluminación que se encienda con la presencia del visitante e, iluminando a éste, le muestre su imagen reflejada. Además de hacer más atractiva la visita, de esa manera el tema se difundiría mucho ayudando a que se trabaje más en él. Las revistas de divulgación científica también deberían no solamente incluirlo dentro de los artículos sobre estas civilizaciones como publicar artículos dedicados exclusivamente a la óptica de nuestros antepasados. Dentro de este cuadro entra el más general: la necesidad que existe de que haya más recursos para el estudio de las civilizaciones precolombinas que aproximen el interés de los propios investigadores americanos al que tienen por civilizaciones antiguas como las de Grecia y Egipto. Establecer hipótesis de analogía en base a las tecnologías ópticas utilizadas podría ayudar a establecer mejor la contemporaneidad e interacción de las civilizaciones precolombinas de hasta 3000 años atrás. Toda la precisión de las maravillosas paredes y muros incas se completa con el trabajo de menor tamaño constituido por el pulido de espejos y elementos de cuarzo, y todos los esfuerzos que lleven a conocer mejor como fueron realizados puede aumentar en mucho nuestro conocimiento. En Méjico se ha encontrado al menos un taller donde se fabricaban los espejos<sup>3</sup>, parecería que lo mismo no se ha dado en el Perú.

## 8 Conclusiones

Parece innegable que la óptica tuvo en América su mayor desarrollo y que no solamente se debe hablar de espejos como también de elementos refractivos, lentes. Que se debe profundizar su estudio porque ello vendría a enriquecer el campo de trabajo de los arqueólogos.

## Agradecimientos

El autor agradece a la Comisión Organizadora de la III Reunión Peruana de Óptica por conducirlo a visitar al Museo Nacional de Arqueología, Antropología e Historia del Perú. En particular a la Dra. Carmen Eyzaguirre de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Al Dr. Aníbal Valera de dicha Universidad por las interesantes conversaciones mantenidas. Al Dr. Jay M. Enoch de la Escuela de Optometría de Berkeley-CA-EUA por llamarle la atención sobre la existencia de un collar con elemento de cuarzo pulido en el Museo Larco de Lima. Al Museo Larco, que le brindó acceso a la manipulación de sus piezas. Al Dr. G. Baldwin de la Pontificia Universidad Católica de Lima por la bibliografía adicional. A todos los museos visitados por permitir tomar las foto-

grafías, algo que, considera, debería ser norma en todos los museos del mundo pues las piezas exhibidas son patrimonio de la humanidad y sus fotografías ayudan a divulgar el conocimiento humano y también al museo que las exhibe. A Eladia C.C. de Lunazzi por la revisión idiomática del texto.

## Referencias

1. J.J. Lunazzi, "On the Quality and Utilization of Olmec Mirrors", in Proc. of the II Reunión Iberoamericana de Óptica, Guanajuato, Mexico, 24-27.09.95, SPIE V 2730 p.2-7.
2. J.J. Lunazzi, "Olmec Mirrors: an Example of Archaeological American mirrors", capítulo 22 del libro "Trends in Optics" V3, publicado por la International Commission for Optics - ICO, Ed. Anna Consortini, Ac. Press. 1996, pp. 411-421 ISBN 0-12-186030-2.
3. Bibliografía citada en la ref. 2.
4. N.J. Saunders, "Catching the light": Technologies of Power and Enchantment in Pre-Columbian Goldworking", In, J. Quilter and J.W. Hoopes (eds), Gold and Power: In Ancient Costa Rica, Panama, and Colombia. Washington D.C.: Dumbarton Oaks pp. 15-34, p.19.
5. R.A. Joyce, "Negotiating Sex and Gender in Classic Maya Society", extract from "Gender in pre-Hispanic America", Dumbarton Oaks Research Library and Collection 2001, Klein, C.F, Quilter, J., editors .
6. Notes on the conference: Parallels, Patterns & Politics: Art of the Moche & Maya, sponsored by the Center for Latin American Art & Archaeology, Denver Art Museum, with assistance from the Humanities Institute at the University of Denver. Held 15-16 October, 1994.
7. N.J. Saunders, "Chatoyer, Anthropological Reflections on Archaeological Mirrors", in "Recent Studies in Pre-Columbian Archaeology" Vol. I, N.J. Saunders, O. de Montmollin editors, 1-39, BAR International Series 313, Oxford, 1-37, (1988).
8. Muelle, Jorge C., "Espejos Precolombinos del Perú", Revista del Museo Nacional, Perú, Tomo IX, No 1, p. 5-12, (1940).
9. M. Rivera Dorado, "Espejos mágicos en la cerámica maya", Universidad Complutense de Madrid, Revista Española de Antropología Americana, 1999, nc 29: 65-tOIO, ISSN: 0556-6533
10. Enoch, J.M. , "History of Mirrors Dating Back 8000 Years. Historical Perspective", Optometry & Vision Science. 83(10):775-781, October 2006 (texto não gratuito).
11. M.L. Calvo, J.M. Enoch, "Introduction to the History of Lenses and Visual Corrections: A Reference to Spain and the Spanish Colonies in the New World (XV-XVI C.)", Rev. Cubana de Física, Vol. 22, No. 1, 2005
12. M.L. Calvo et al, "Optical Properties of Anthracite Coal Mirrors: An approach to Chavin Technologies", Presentación ante la III Reunión Peruana de Óptica, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, 05/10/06.
13. M.L. Calvo, J.M. Enoch, "Ancient Peruvian optics with emphasis on Chavin and Moche cultures", in Atti Della "Fondazione Giorgio Ronchi", ANNO LXII, 2007.
14. R. A. Joyce, "Mesoamerica: A Working Model", preface to "Mesoamerican Archaeology Theory and Practice", edited by: JULIA A HENDON (Gettysburg College) and ROSEMARY A JOYCE (University of California, Berkeley), Series: Blackwell Studies in Global Archaeology, USA, USA: Oct 2003
15. T. Cummins, "Nature as Culture's Representation: A Change of Focus in Late Formative Iconography", in "Archaeology of Formative Ecuador", Raymond, J.S, and Burger, LR. Editors, Dumbarton Oaks Research Library and Collection, Washington D.C., (2003).
16. N.J. Saunders, ref. personal al autor, Abril de 2006.
17. Enoch, Jay M., Calvo, M.L., "Chavin of Huanter and Moche Cultures: Capability for Lens Optics", Presentación ante la III Reunión Peruana de Óptica, Universidad de Ingeniería, Lima, Perú, 05/10/06.
18. A.P. Valera, C. Eyzaguirre, libro de texto "Óptica Física", Ed. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, 1997.