

# REFLEJOS Y REFLEXIONES

Antonio Calderón Colín

**Los espejos son algo tan cotidiano en nuestra vida que no solemos preguntarnos cómo funcionan y cuál es la historia, la ciencia y la tecnología detrás de estos singulares objetos.**

Según la mitología griega, Liríope era una ninfa que próxima a parir preguntó al vidente Tiresias sobre el destino de Narciso, su futuro hijo. Tiresias le dijo a la ninfa que Narciso viviría hasta una edad avanzada, mientras no conociera su imagen. Entonces, Liríope ocultó todos los espejos y superficies donde pudiera reflejarse el rostro de su hijo.

Al crecer Narciso se convirtió en un hombre hermoso y un día, fatigado y con sed por la caza, se acercó a un lago para beber, lo que vio lo dejó absorto, y sin poder moverse murió ahí mismo después de unos días. Cuentan que Narciso vio su propia imagen reflejada en el agua, y al hacerlo se enamoró de ella y no pudo alejarse —en aquel lugar creció una hermosa flor blanca, ahora conocida como narciso—, no sabemos si murió de hambre o de amor, pero sí sabemos que fue en castigo a su vanidad y arrogancia extremas, lo cual ahora es llamado narcisismo.

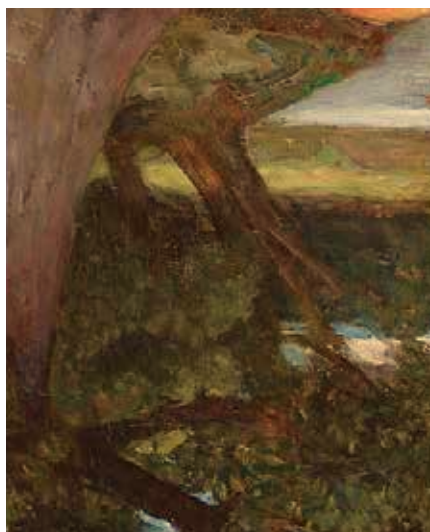
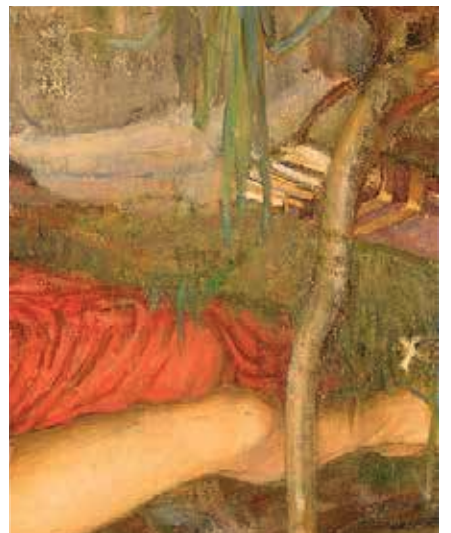
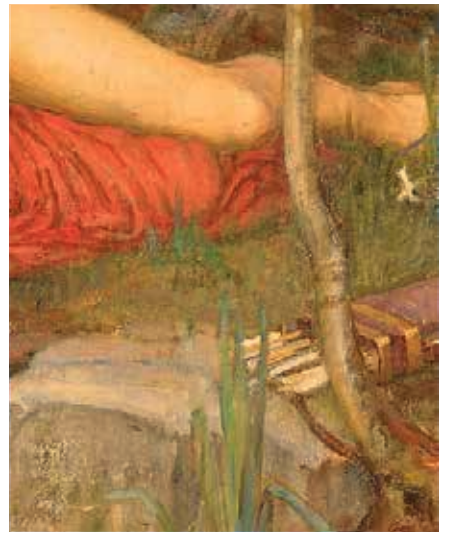
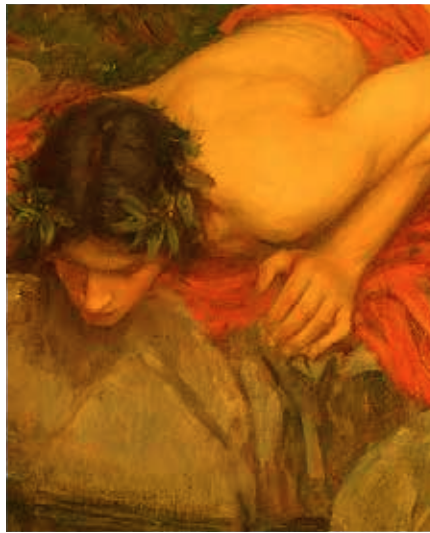
Es bastante común asociar el uso de espejos con la vanidad, basta mirar a la madrastra de Blancanieves con su famoso «espejito, espejito» o a Pitufo Vanidoso, siempre con un espejo en la mano. Por lo general pensamos que la vanidad es un defecto y lo asociamos con características negativas, como la maldad en el caso de la madrastra o la holgazanería en el caso del pitufo. Tal vez seamos demasiado duros en nuestros juicios, pues es normal «mirarse siempre en todos los espejos», como dice la canción de Mecano, de hecho todos lo hacemos. Según el psiquiatra y psicoanalista francés Jacques Lacan, desde la infancia temprana la contemplación de nuestra propia imagen contribuye de manera muy

importante a la construcción de la propia identidad. Esta conducta continúa durante toda nuestra vida, y la imagen mental de cómo somos y de cómo queremos que nos vean los demás cambia junto con nuestra imagen real.

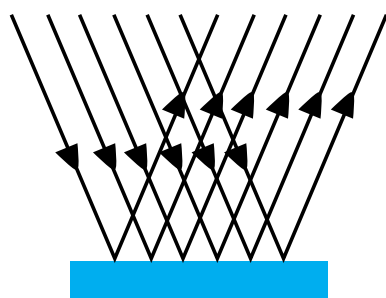
## Soy espejo y me reflejo

Si según Lacan la contemplación de nuestra propia imagen es tan importante, ¿qué pasaba antes del invento de los espejos? Liríope, la madre de Narciso nos puede dar la respuesta. Ella falló en su intento por que su hijo tuviera una vida larga. En vano trató de evitar que Narciso conociera su imagen, pues el mundo está lleno de superficies reflejantes. Los cristales, los vidrios y las superficies metálicas también tienen la capacidad de reflejar la luz que incide sobre ellas, además del agua.

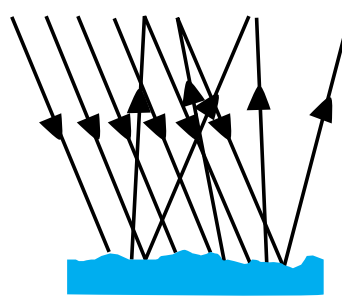
Con la simple finalidad de observar su imagen o con fines místicos o espirituales, el ser humano descubrió hace muchos años la manera de utilizar estos materiales para fabricar objetos con las mejores cualidades reflejantes, es decir espejos. Los primeros espejos eran de obsidiana. La obsidiana es un vidrio natural formado cuando la lava se enfría tan rápidamente que no puede adquirir una forma ordenada a nivel microscópico, es decir cristalina. Está formada en su mayor parte por sílice (óxido de silicio, SiO<sub>2</sub>) y por óxidos de diversos metales. El color de la obsidiana depende de la cantidad y tipo de óxidos metálicos que contenga. Por lo general la obsidiana es oscura, la negra es una de las más comunes. Ésta absorbe la mayor parte de la luz que incide sobre ella (por eso es negra) y el resto de la luz es reflejado.



■ Waterhouse (1903) Eco y Narciso. [Oleo sobre tela] (Walker Art Gallery (Liverpool, U. K.))



Reflexión especular



Reflexión difusa

La obsidiana tal y como se encuentra en la naturaleza no funciona como espejo porque generalmente tiene una cubierta opaca que refleja la luz de manera difusa, debido a su superficie no homogénea. Al pulirla se consigue una superficie lisa que presenta una reflexión especular, es decir como lo hacen los espejos. El problema de los espejos de obsidiana es que la mayor parte de la luz no es reflejada, sino absorbida por la piedra, por lo que la imagen es oscura. Los espejos oscuros se produjeron en diferentes épocas en muchas partes del mundo. En las culturas mesoamericanas a los espejos de obsidiana se les atribuía un poder místico en ciertos rituales, asociándolos con Texcatlipoca, deidad de la noche y la oscuridad. Uno de estos instrumentos llegó a las manos del astrólogo personal de Isabel I de Inglaterra, John Dee (1527-1609), quien era consultado por la reina para tomar algunas decisiones trascendentes, con la ayuda del espejo de obsidiana.

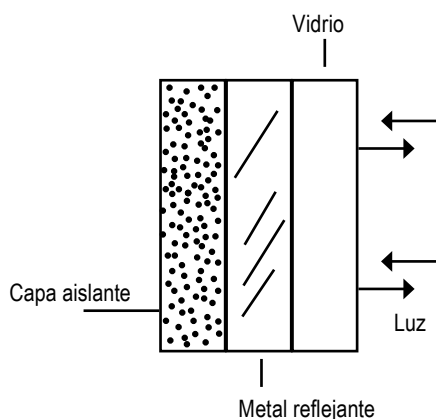
Para mejorar la calidad de la imagen reflejada se utilizaron vasijas con agua, en las cuales los antiguos habitantes del medio oriente veían su reflejo hace cerca de ocho mil años. Cuando un haz de luz incide sobre el agua, parte de la luz es transmitida al agua y otra parte es reflejada. La cantidad de luz reflejada por el agua es mayor que la reflejada por la obsidiana, por eso se consigue un mejor espejo. Para evitar que la luz transmitida al agua sea reflejada nuevamente hacia el observador

y altere la imagen, el recipiente debe absorber esta luz, es decir ser oscuro... por ejemplo de obsidiana tallada con el fin de hacer el hueco. En este tipo de espejos, sin embargo, la imagen aún es oscura, por lo que el ser humano siguió buscando la manera de producir reflejos más fieles.

### Oro por espejitos

Con el avance de la metalurgia se fabricaron espejos de cobre pulido en Mesopotamia y Egipto, entre 3 y 4 mil años antes de nuestra era. Posteriormente se empezaron a utilizar otros metales como el bronce y la plata. Los espejos metálicos debían ser pulidos continuamente, ya que con el tiempo la superficie metálica se oxidaba y la reflexión especular se convertía en difusa, deteriorando la calidad de la imagen. Estos fueron los espejos que utilizó la humanidad hasta el siglo XVI. Se tienen registros de que los espejos de vidrio, parecidos a los que se usan en la actualidad, existen desde épocas antiguas, sin embargo no fueron de uso común antes del siglo XIX.

Cuando escuchamos que los antiguos habitantes de América entregaban oro a cambio de cuentas de vidrio y espejos, por lo general pensamos en espejos de vidrio, pero lo más probable es que se tratara de espejos de metal pulido. En los siglos XV y XVI, cuando supuestamente se cambiaba el oro por espejitos, los espejos de vidrio eran raros y costosos, probablemente no más costosos que el oro, pero aún así es poco probable que los navegantes y comerciantes europeos los transportaran con la intención de intercambiarlos. La calidad reflejante de los primeros espejos de vidrio era comparable a la de los de metal pulido, pero duraban mucho más y eran más ligeros, las únicas desventajas eran la dificultad para fabricarlos y su fragilidad. La estructura de los espejos de vidrio consiste en una fina capa de metal (material reflejante) entre un vidrio o cristal y una capa aislante opaca, que protege a la capa metálica de la oxidación y evita que la luz transmitida atraviese el espejo, alterando la imagen.



Los primeros espejos de vidrio de los que se tiene registro del proceso de su manufactura son los de vidrio azogado, que fueron inventados en el siglo XIII. Este tipo de espejos recibe su nombre porque la capa reflejante está formada por una amalgama de mercurio, antiguamente llamado azogue. Para ello se mezclaba estaño con mercurio y se calentaba hasta que el estaño se fundía y entonces se aplicaba al vidrio. El proceso era muy laborioso, pues en muchas ocasiones el vidrio se rompía al entrar en contacto con la amalgama caliente. La función del vidrio es proporcionar una superficie lisa donde se fije la capa metálica y al mismo tiempo protegerla para evitar su oxidación al entrar en contacto con el oxígeno del ambiente. Para que la imagen reflejada sea fiel a la original, el vidrio debe tener un grosor uniforme, de lo contrario la imagen se ve distorsionada, como en los espejos de feria. También es deseable que no tenga color y sea traslúcido, de lo contrario se obtendrá un espejo de baja calidad.

### Tan claro como el cristal

El siguiente paso en la evolución de los espejos fue precisamente la mejora en la calidad del vidrio. Desde el año 892, la entonces República de Venecia se caracterizó por la producción de vidrio para vitrales y botellas. De hecho, la industria del vidrio se convirtió en la actividad principal de Venecia, de tal manera que en 1291 se estableció que los talleres y los artesanos vidrieros venecianos se mudaran a la isla de Murano, supuestamente para evitar el riesgo de un incendio en la ciudad. La razón verdadera era evitar el espionaje industrial. En 1460, Angelo Beroviero y Niccolo Mozetto, artesanos muranenses, desarrollaron la técnica para producir un vidrio tan claro que lo nombraron *crystallo*, en evocación del cristal de roca. El secreto radicaba en la selección de las materias primas. El vidrio se fabrica fundiendo sílice (presente en el arena y el cuarzo) con algunos óxidos metálicos. Beroviero y Mozetto obtenían la sílice moliendo unas piedras especialmente blancas del río Ticino. Los óxidos seleccionados eran blancos y los obtenían de algunos minerales de la zona y quemando algas y madera de diversos árboles, como el haya.

El *crystallo* de Murano era apreciado y muy caro. Para aprovechar el mercado empezó a dársele nuevos usos, como en la fabricación de lentes, y por supuesto, espejos. En 1507 un par de artesanos de Murano, Andrea y Dominico de Anzolo del Gallo descubrieron una nueva forma de azogar el vidrio: La amalgama se formaba extendiendo una lámina muy delgada de estaño sobre el vidrio, agregando sobre ella una determinada cantidad



■ Artesanías en vidrio de Murano.

de mercurio. Sin necesidad de calentar, ambos metales formaban la amalgama, la cual se sometía a presión con la finalidad de que se adhiriera fuertemente al vidrio. Los espejos obtenidos eran de muy alta calidad y se vendían muy caros. Con la nueva técnica era posible fabricar espejos de grandes dimensiones, que empezaron a utilizarse para decorar muros, con el beneficio de que se lograba tener espacios mejor iluminados utilizando la misma cantidad de velas.

Los *specchiali*, como se les llamaba a los artesanos vidrieros de Murano, establecieron su propio gremio en 1569, pero los secretos de la fabricación del *crystallo* y de los espejos azogados no pudieron mantenerse guardados por mucho tiempo a pesar de los intentos de la República de Venecia por retenerlos. Poco a poco los *specchiali* fueron escapando de Murano, llevando el secreto del *crystallo* y de cómo hacer los espejos al resto de Europa. Actualmente Venecia y la isla de Murano siguen siendo célebres por las artesanías de vidrio y los espejos, que llegan a ser verdaderas obras de arte. Desafortunadamente nada es perfecto: ahora sabemos que los vapores de mercurio son extremadamente tóxicos, por lo que tuvo que recurrirse a métodos más seguros y, por supuesto, más baratos para fabricar espejos.

### Dime, luna de plata

Aunque con el tiempo el conocimiento sobre la fabricación de los espejos se extendió por Europa y estos comenzaron a fabricarse en diversos lugares, el último paso hacia la masificación de su uso



■ Justus von Liebig. Estampilla postal de la República Democrática Alemana, 1978.

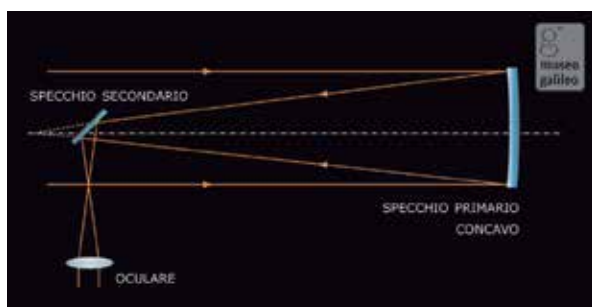
tuvo que esperar un par de siglos más, durante los cuales Europa transitó por el final de la alquimia y por la primera de las revoluciones del conocimiento químico, en la cual gracias al uso de la balanza y a la Ley de la Conservación de la Materia de Lavoisier, la química se graduó como ciencia. Los comienzos del atomismo, el surgimiento de numerosas teorías para explicar el comportamiento químico de la materia y el establecimiento de la química como objeto de estudio en las cada vez más numerosas universidades produjeron que muchos químicos abocaran sus esfuerzos en experimentos para producir nuevas sustancias y medir el comportamiento químico.

En 1836 el químico alemán Justus von Liebig (1803-1873), considerado como el padre de la enseñanza de la química, ideó un proceso en el cual, a partir de una sal de plata disuelta, se deposita una capa de plata metálica sobre una superficie del vidrio. La capa formada es extremadamente delgada y brinda una superficie reflejante casi perfecta. Cuando los átomos de plata están disueltos tienen carga positiva debido a que poseen un electrón menos, al entrar en contacto con una

sustancia orgánica, como un aldehído o un azúcar, se lleva a cabo la transferencia de un electrón de la sustancia orgánica a los átomos de plata y al hacerlo estos adquieren una carga neutra y se adhieren al vidrio. A las reacciones de este tipo (en las cuales una sustancia gana uno o más electrones) se les llama reducción. El proceso contrario, cuando una sustancia pierde electrones, como le sucede, en este caso, al aldehído o azúcar se llama oxidación. Con este proceso y algunas modificaciones para mejorarlo, la fabricación de espejos se abarató, pues la capa de plata metálica es tan delgada que no representa un costo significativo, con lo cual se empezaron a producir en todo el mundo.

Uno de los usos para este tipo de espejos es la fabricación de telescopios que utilizan espejos cóncavos en vez de lentes para reunir la luz por medio de la reflexión. Estos telescopios reflectores son más fáciles de construir y más baratos que los telescopios refractores en los cuales se desvía la luz por medio de la refracción. Los telescopios modernos aún utilizan este sistema. El telescopio Subaru, del Observatorio Astronómico de Japón, localizado en Hawaii, tiene un espejo cóncavo de 8.7 metros de diámetro.

Los espejos de los telescopios modernos ya no se fabrican con plata, sino con aluminio. Para que el aluminio se deposite sobre el vidrio de manera uniforme en una capa ultra delgada se recurre a un proceso físico en vez de químico: la evaporación. El aluminio funde a 660 °C y se evapora a 2519 °C a nivel del mar, donde la presión atmosférica es de 760 mmHg. Para facilitar su evaporación



■ Telescopio reflector.

se puede disminuir la presión con una bomba de vacío, con lo cual la temperatura de ebullición disminuye. Con el fin de manipular la calidad del espejo y el grosor de la capa reflejante, se pueden variar la presión, la temperatura, el tiempo de exposición del vidrio a los vapores de aluminio y la altura a la cual se coloca el vidrio sobre el metal.

### Al otro lado del espejo

A lo largo de la historia los espejos se han utilizado para mirarse (espejos de mano y de tocador) y también para mirar a otros, como se hace con los espejos retrovisores y los periscopios. Además de usarse para fabricar telescopios, cámaras y microscopios, se emplean para mejorar la iluminación de interiores y como obras de arte. Actualmente, en la industria de la construcción son muy utilizados en el exterior de ventanas, ya que así se ahorra en sistemas de control de temperatura porque parte de la energía solar es reflejada nuevamente hacia el exterior en vez de ser absorbida. Estos últimos espejos son distintos a los mencionados con anterioridad porque no poseen una capa aislante opaca en la parte posterior, así la luz no reflejada es transmitida hacia el interior del edificio, con lo que también contribuyen para mejorar la iluminación. Esto se logra colocando una capa aislante de un material traslúcido: vidrio, cristal o barniz, por ejemplo. A estos espejos se les llama de dos vías y también son utilizados en la fabricación de láseres y de aparatos ópticos sofisticados como cámaras y espectrofotómetros. Quizá el uso más conocido de estos espejos sea el de las salas de interrogación en series televisivas, en las cuales la persona que es interrogada sólo ve su reflejo (reflexión) y las personas al otro lado no ven su reflejo, sino la imagen del interrogado (transmisión). Ambos lados del espejo son iguales, la única diferencia es la cantidad de luz a uno y otro lado. La luz transmitida por el lado más iluminado impide que podamos detectar visualmente la imagen reflejada del lado menos iluminado.

### Las reflexiones de Seattle

En la actualidad el uso de espejos es algo que damos por hecho. Sin embargo no nos detenemos a pensar todo lo que implica su fabricación. Por un lado está todo el conocimiento científico y el desarrollo tecnológico que han sido incorporados al oficio de los *specchiai* modernos. Por otro lado está lo que generalmente no queremos ver: el aspecto ambiental. La fabricación de espejos requiere una gran cantidad de energía para extraer, transportar, calentar y procesar las materias primas necesarias para su fabricación. Además, este proceso produce numerosos desechos, en

particular la fabricación de vidrio provoca grandes emisiones de dióxido de carbono, además de cantidades menores de monóxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, fluoruros y disolventes orgánicos. El vidrio es un material altamente reciclable, pero el material aislante y la capa metálica sobre en el vidrio interfieren en el proceso. Retirar esta capa es demasiado costoso, por lo tanto no se recicla, sino que se acumula en los tiraderos de basura.

Los espejos comparten con nosotros gran parte de nuestra historia. Los utilizamos con múltiples y cada vez más variados fines. Sin embargo, ha llegado el momento de pensar cómo hacer que ésta y las demás cosas que fabricamos no afecten más a nuestro planeta. Se requiere hacer un esfuerzo para investigar cómo producir espejos ecológicamente amigables y estar dispuestos a pagar el precio. Lo mismo va para computadoras, teléfonos celulares y aparatos electrodomésticos y de entretenimiento.

En 1854 el presidente de los Estados Unidos envió una carta al Jefe Seattle, de la tribu de los Suwamish, ofreciéndose a comprarle los territorios que hoy corresponden al estado de Washington. El jefe indio contestó negativamente con una carta en la cual sobresale lo siguiente:

*Esto es lo que sabemos:  
la tierra no pertenece al hombre;  
es el hombre el que pertenece a la tierra. [...]  
¿Qué ha sucedido con el bosque espeso? Desapareció.  
¿Qué ha sucedido con el águila? Desapareció.  
La vida ha terminado.  
Ahora empieza la supervivencia.*

Ahora tenemos el de probar que el Jefe Seattle estaba equivocado y que sí podemos vivir en armonía con la naturaleza. ☺

Antonio Calderón Colín. Profesor-investigador de la UACM.

### Para saber más:

- I. P. Cooper (2004) *FAQ on Glassmaking in 1632*. Consultada el 16 de noviembre de 2016. <https://goo.gl/FCHlrV>
- E. Simon (abril 27, 2015) *Notes on John Dee's Aztec Mirror*. *Journal of the Northern Renaissance*. Consultada el 16 de noviembre de 2016. <https://goo.gl/56YR0K>
- F. del Alamo (septiembre 21, 2009) *Justus von Liebig*. *Historias de la Ciencia*. Consultada el 16 de noviembre de 2016. <https://goo.gl/cSORtK>