

**HISTORIA Y CIENCIA DEL VIDRIO**

Las pruebas arqueológicas más antiguas confirman que la invención del vidrio ocurrió en tierras de Mesopotamia, región situada entre los ríos Tigris y Eúfrates, hacia el 2500aC.



Cuenta de vidrio para collar de 3500 años de antigüedad

Para que esto sucediera era necesario que se hubieran producido otras innovaciones tecnológicas: la cerámica y la llegada de la Edad del Bronce. Había que conseguir altas temperaturas y unos hornos y crisoles que las aguantaran. Aún así, con esas temperaturas el vidrio no llegaba a fundirse completamente, era viscoso y limitaba su modelaje. Solo hacían abalorios para adornos y pequeñas imitaciones de recipientes de cerámica de apenas unos centímetros de longitud. Dado este problema, la mayoría de las veces se daba forma tallando el vidrio en frío. Como pasará con los egipcios, los conocimientos se mantenían en secreto y, dado los altos costes que suponía su elaboración y traída de materiales, la industria estaba controlada por el Estado. Además, eran objetos que sólo los podían adquirir las clases sociales más altas y se empleaban para rituales religiosos y como ajuar funerario. Estos conocimientos llegan a Egipto y se van mejorando, se hacen envases huecos mediante el uso de un núcleo de arena refractaria que se envolverá de vidrio dándole la forma necesaria, luego se vacía y quedaba una vasija.



Vasija de unos pocos centímetros de alto del Imperio Nuevo egipcio (1567-1085aC)

La producción de vidrio a pequeña escala finaliza en el periodo del faraón Tutmosis IV (1400-1390 a.C.). Va a haber un intenso comercio del vidrio por el Mediterráneo en forma de objetos o de vidrio en bruto como materia prima. Por ejemplo, en la Grecia Micénica se compraba vidrio en bruto egipcio para los hornos locales. Al final de la Edad del Bronce (1300-1200 a.C.) se produce un estancamiento cultural y tecnológico de unos 700 años debido a la emigración de pueblos del mediterráneo hacia el oriente, se los llama *pueblos del mar*. Hacia el 900 a.C. se va a dar un nuevo impulso a la industria del vidrio, paralelo a la llegada de la Edad del Hierro: más temperatura, mejores hornos y vidrio incoloro al mezclar manganeso que hace de decolorante. En el siglo I a.C. en algún lugar de la costa fenicia (actual Líbano) se inventa una técnica que revolucionará definitivamente el uso del vidrio: el soplado. Gracias a ella es muchísimo más fácil modelarlo y, por fin, se elaborarán envases grandes en muchas formas.



Vidrio soplado fenicio

El espaldarazo definitivo ocurrirá durante el Imperio Romano, afianzándose la mayoría de técnicas que seguimos utilizando y el vidrio pasa a ser utilizado en la vida diaria de un espectro social mucho más amplio.



Vidrio romano, Copa Trivulzio. Sg IV dC. Técnica “diatreta”, se añade al cuerpo central otro de vidrio en forma de red.



Vaso Portland Sg I dC. Otro prodigio técnico y artístico romano: vidrio soplado de dos capas que fue tallado como un camafeo hasta conseguir una estampa mitológica.

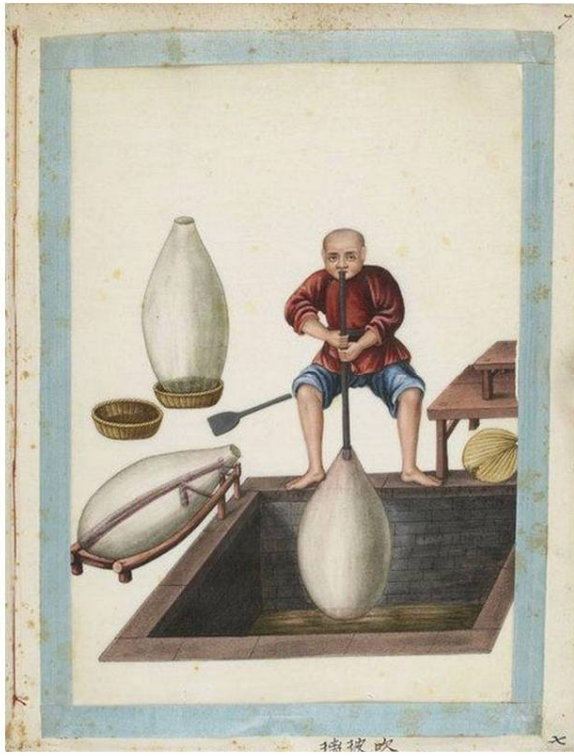
Con la caída del Imperio Romano desciende drásticamente su uso doméstico y se pierde la habilidad artesanal y sus técnicas. La industria vidriera del medievo se mantiene prácticamente relegada al norte de Europa y Gran Bretaña. Será la Iglesia Católica quien va a dar un nuevo impulso al vidrio al utilizarse para decorar los templos. Primero en forma de teselas para mosaicos y luego con las vidrieras. Hay escritos que hablan de vidrieras en el siglo VI, pero las más antiguas conservadas datan del siglo XI. Su espectacular y hermoso desarrollo se logra en los siglos XIII y XIV, especialmente en Francia e Inglaterra.

Paralelamente, en el mundo islámico también se utiliza el vidrio destacando el Oriente Próximo entre los siglos VIII y XIV. Sobresalen en el tallado y la transparencia del vidrio. Mejoran las técnicas decorativas al emplear esmaltes y el dorado, siendo famosos los talleres de Alepo y Damasco. También habían descubierto las coloraciones vidriadas dando un aspecto metalizado a las superficies. Tuvieron gran influencia en los inicios venecianos y España.



Vidrio tallado islámico, procedente de Medina Azahara

Más lejos aún, en China ya se fabrican objetos decorativos en la dinastía Zhou (1122 a.C.) imitando gemas, pero técnicamente no evolucionaron como en Europa. Curiosamente, serán los Jesuitas quienes introduzcan los vidrios europeos y la técnica del soplado, favoreciendo la aparición de una industria china, caracterizada por la inclusión de esmaltes y el tallado, haciéndose maestros en la técnica del camafeo. En India ya se fabricaba vidrio en el siglo V a.C. pero su uso no tuvo gran importancia. También emplean esmaltes y el dorado como decoración. De nuevo los Jesuitas en el siglo XVIII son los responsables, mediante la importación de vidrio inglés, de la aparición de una verdadera industria nacional en India.



El siguiente paso evolutivo se realizará en Italia, en la región de Venecia donde se concentran talleres artesanos que ya trabajaban el vidrio en el siglo X. A finales del Sg XIII para evitar incendios, el espionaje y la divulgación de los hallazgos químicos y métodos de trabajo se decide concentrar toda la industria en la isla de Murano, bajo la amenaza de durísimos castigos por delatar las técnicas. Uno de sus grandes logros fue el vidrio incoloro y de gran transparencia que se conoció en toda Europa como *cristallo*, obtenido al añadir manganeso.



Lámpara de Murano

Pero nada es eterno, la compra de voluntades, la salida al extranjero de maestros artesanos en busca de una vida mejor y, por último, la publicación del libro *El arte del vidrio* por Antonio Neri en 1612, facilitó que en otros países copiaran esas técnicas para ir desarrollando nuevas y mejores. Por fin, el monopolio de Murano termina en el siglo XVII por la hegemonía alemana, checa (Bohemia) e inglesa.



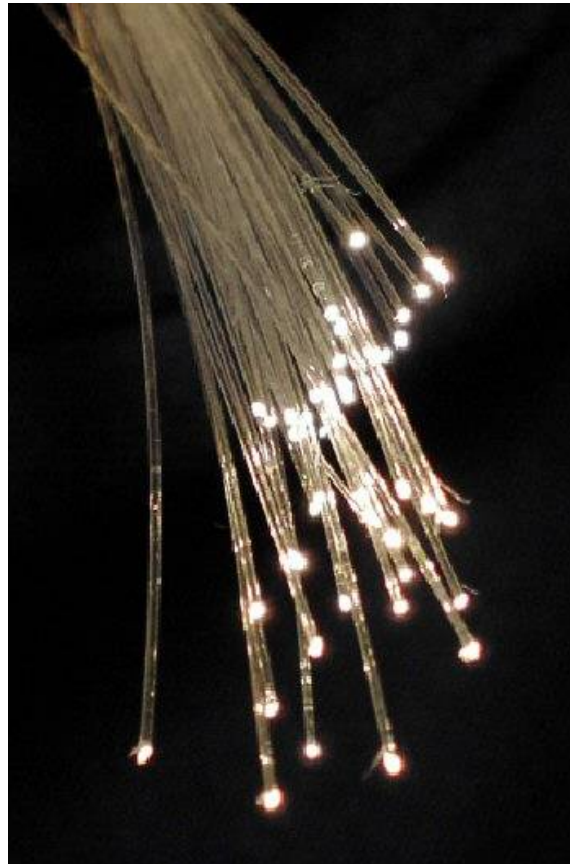
Bohemia

Los alemanes inventan el vidrio potásico, más resistente que el veneciano, y llega el esplendor del vidrio tallado durante el Barroco. Se hicieron famosos los talleres de Núremberg y Potsdam. El inglés George Ravenscroft (1647) crea el vidrio con *plomo*, sumamente brillante, suave y duradero, el no va más. La cristalería inglesa se exporta a todo el mundo llegando su supremacía hasta mediados del XIX.

¿Y en España? Parece que no hubo talleres importantes. El vidrio de las vidrieras góticas procedía en su mayoría de Francia. El periodo más sobresaliente ocurre en el siglo XVI en Cataluña, destacando Mataró. Se consigue una perfección similar a Murano. También hubo talleres en Andalucía y Castilla, destacando Cadalso de los Vidrios (Toledo) que en 1645 contaba con tres hornos que producían objetos de gran calidad. Con la llegada de los Borbones (XVIII) se intenta crear una industria nacional que nivele la dependencia con el exterior. Es una industria exclusivamente dirigida a la aristocracia y potentados. Con una enorme inversión económica se levantan las reales fábricas de Tapices de Santa Bárbara, Porcelana del Buen Retiro y de Cristales de La Granja (Segovia). Dado el atraso científico en que se vivía, se tuvo que traer toda clase de técnicos extranjeros seducidos por suculentos sueldos. La Real Fábrica de Cristales cerró durante la guerra de Independencia, abriéndose con Fernando VII pero duró muy poco. A mediados del XIX se arrienda a particulares y se mantiene a duras penas. En 1972 se cierra definitivamente y en 1982 se decide crear un museo y escuela que sigue en actividad.

A partir del siglo XIX comienza hasta hoy una inagotable actividad científica sobre las posibilidades de los materiales vítreos, abriendo un mundo inimaginable de usos para la

industria, arquitectura, medicina, arte, etc. Por ejemplo, fibra óptica, vidrio flexible, tejidos con fibras de vidrio, laser, blindaje, grandes paneles para fachadas de rascacielos, vidrio fotosensible, astronomía, etc.



Fibra óptica

Hace poco, se ha descubierto que el vidrio de sílice es el segundo material artificial más delgado, puede formar láminas de dos átomos de grosor; el primero es el grafeno con uno. El vidrio está en casi todas las actividades cotidianas.

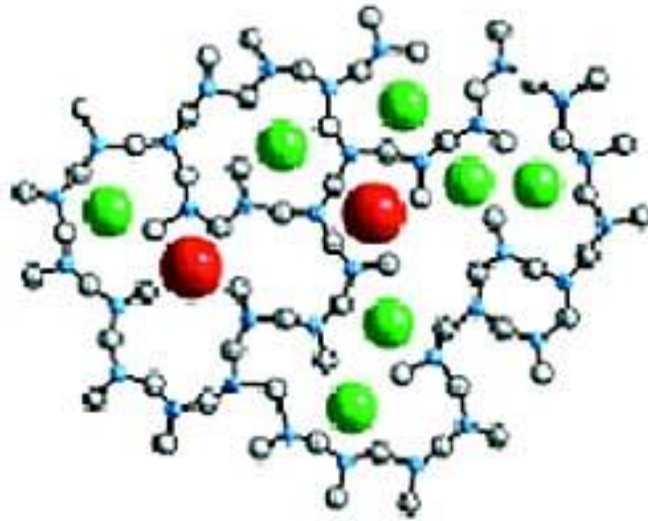
### UN POCO DE CIENCIA

La estructura molecular vítrea se presenta en algunos minerales de la naturaleza: la *Obsidiana* y el *Pómez* de origen volcánico; *Fulgurita*, mineral en forma de tubos producidos cuando un rayo penetra en tierras con sustancias silíceas; *Tectita*, extraño mineral que se discute si tuvo un origen extraterrestre. Los humanos lograron esa estructura mezclando y fundiendo tres elementos: sílice y caliza, que se encuentran en la naturaleza en diversos minerales, y sosa, que se puede extraer de minerales o cenizas vegetales. La sílice es la responsable de la formación vítrea; la sosa facilita la fusión al bajar notablemente la temperatura de fusión de la sílice y da fluidez; la cal hace de fundente, es decir, homogeniza la masa de vidrio.

Lo sorprendente del vidrio es que no es un sólido, ¡más bien es un líquido! Esta característica tan increíble lo convierte en uno de los enigmas más investigados actualmente. Cuando se comprendan sus principios físico químicos y se apliquen a la industria en general, habrá un cambio radical en muchos aspectos de nuestra vida diaria. Los científicos lo denominan *líquido sobreenfriado*, es decir, son materiales que una vez fundidos, al enfriarse aumenta tanto su viscosidad que parecen sólidos al traspasar una cierta temperatura, *temperatura de*



*transición*. En su interior los átomos de los componentes se han quedado dispuestos de una manera más o menos amorfa, todo lo contrario a lo que en ciencia se denomina *crystal*, donde los átomos se ordenan en formas geométricas perfectas.



● Calcio   ● Sodio   ● Oxígeno   ● Silicio

Estructura vítrea con su misterioso desorden ordenado

Realmente ha “fracasado” en el intento de cristalizar, o sea, el vidrio sigue *vivo*, sus partículas se han “congelado” por la alta viscosidad pero buscan anhelantes la estabilidad en forma de cristal perfecto, y esto requiere muchísimo tiempo, parece mentira, pero siguen fluyendo lentísimamente. Las preciosas vidrieras de las catedrales góticas están en el proceso de convertirse en sólido cristalino, cuando ocurra en unos miles de años se romperán sin razón aparente. Los físicos han descubierto que el vidrio envejece, se vuelve más viscoso y rígido. Después de todo esto, llamar “cristal” al vidrio de una ventana o una copa es una incongruencia.

**¿Por qué es transparente o tiene color?** “En este mundo traidor nada es verdad, nada es mentira, todo es según el color del cristal con que se mira”. La luz es un fenómeno electromagnético compuesto de fotones que viajan a una velocidad y con una *frecuencia* (oscilación) que se altera por el medio que traspasa. Si el material que atraviesa no altera ese campo electromagnético, el fotón pasará sin alterarse y entonces ese material se considera transparente. Para los ojos human, nuestra peculiar apreciación de los fotones hace que veamos al vidrio transparente. De todas maneras no hay un material estrictamente transparente, todo depende de la luz que llega y del material que atraviesa. Por ejemplo, ciertas moléculas del vidrio *resuenan* (vibran) en frecuencias mayores al espectro visible como las ultravioletas absorbiéndolas e impidiendo su paso, volviendo al vidrio completamente opaco. El grafito, sin embargo, se hace traslúcido con los Rayos X. Así pues, el color dependerá de la absorción de un espectro determinado de la luz que atraviesa el vidrio.

**Colorantes del vidrio.** Hay varios métodos principales para dar color. **1º Colores de solución:** se obtienen añadiendo metales u óxidos metálicos, en algunos casos, dependiendo

de su ionización dará tonos diferentes. Por ejemplo, el cobre teñirá de rojo rubí o de verde según la ionización; el cobalto da azul. Manganeso, es uno de los colorantes más antiguos, coloración amatista. El óxido de hierro puede dar un azul verdoso o un verde intenso si añadimos cromo. Azufre da ámbar. Cromo da verde oscuro y etc, etc. **2º Dispersión coloidal** o **striking glasses**: son partículas nanométricas suspendidas en el vidrio que refractan selectivamente los rayos de luz. Varían notablemente de color al someterlos a calentamientos-enfriamientos cíclicos o aumentando-disminuyendo el oxígeno en la llama que fundirá el vidrio. Por ejemplo, el selenio combinado con sulfuro de cadmio produce partículas que dispersan toda la luz menos el rojo. El oro también da color rubí. Los compuestos de plata dan gamas del naranja al rojo amarillo.



**3º Inclusión del color**: son partículas macroscópicas que tienen la peculiaridad de formar escamas que difractan la luz en el interior del vidrio. El vidrio opaco u opalinos se consiguen con óxido de estaño, antimonio y arsénico **4º Por dispersión de la luz**. Son vidrios que tienen dos o más “fases” (partes) en su composición con diferentes índices de refracción, en consecuencia el vidrio tiene un color pero el que transmite es otro. **5º Dicroísmo**. Este vidrio se inventó para usar en las videocámaras de las naves espaciales. Hoy en día se ha generalizado su uso y los artesanos del vidrio lo empleamos en nuestras creaciones. La coloración se consigue con una o varias capas de componentes nanométricos que difractan la luz en varios colores simultáneamente.



**6º Revestimiento**, simplemente añadir una capa de color a una base.

**Vidrios más usados:** el originario y utilizado hasta hoy día es el *sódico-cálcico*, para botellas, frascos, ventanas y con el que hago mis trabajos. Es una mezcla de 66% de arena (sílice), 15% de sosa (carbonato de sosa) y 10% de cal (óxido de calcio) ; *vidrio de plomo*, se reemplaza la cal y la sosa por óxido de plomo, más fácil de fundir y de trabajar. Tiene un alto índice de refracción lo que le otorga más claridad y brillo. Es más suave por lo que es más fácil de grabar, pulir y cortar. Como tiene una resistencia eléctrica excelente se usa en aparatos eléctricos; *vidrio de borosilicato*, se reemplaza la sosa y cal por óxido de boro. Inventado en 1890 en Estados Unidos al buscar un vidrio para el foco de la locomotora que resistiera la brutal diferencia de temperatura entre la cara interior y la exterior (lluvia, nieve...). Resistente a las altas temperaturas, esencial en aparatos de laboratorio y menaje de cocina. Se le llama Pirex. Si en lugar de boro se emplea *aluminosilicato*, se consigue una mayor resistencia al calor, se le conoce por Kimax. Esta clase de vidrio es el empleado en las vitrocerámicas, su secreto estriba en que no tiene dilataciones al exponerle a bruscos cambios de temperatura. Ambos tienen una resistencia química inusual y una excepcional durabilidad. Por último, está el vidrio de sílice de alta pureza, el más durable de todos y el más caro, utilizado en sofisticados aparatos.

**Reciclado:** solo se recicla el vidrio sódico-cálcico (botellas, frascos). No se puede mezclar y fundir vidrios de características diferentes, son incompatibles. Por eso no podemos tirar al contenedor verde vasos o platos de vidrio, fuentes para horno, bombillas.

Video en Youtube que resume todo lo expuesto:

(Título) History Channel El Vidrio  
(dirección a pegar) v=jyobnoeI0Qk

Sobre las tensiones del vidrio, inglés

Mystery Of Prince Rupert'S drop at 130,000 fps – Smarter Every Day  
v=x-e-f4gokRBs