

Historia de los materiales

madera

metales

piedra

textiles

plásticos

vidrio

nanomateriales

papel

eBook

materiales

Una historia sobre la evolución humana y los avances tecnológicos

Andrés López, G. y Alonso Alcalde, R. (Coord.)

materiales

Una historia sobre la evolución humana y los avances tecnológicos

EXPOSICIÓN ONLINE

Organiza:
Universidad de Burgos

Colabora:
Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Ministerio de Ciencia e Innovación.

Comisariado:
Gonzalo Andrés López
y Rodrigo Alonso Alcalde

Coordinación:
Jordi Rovira Carballido

Comité científico:
Prehistoria: Marta Navazo Ruiz
Piedra: Verónica Calderón Carpintero
y Ángel Rodríguez Saiz
Madera: Smara Gonçalves
Metales: Jesús Manuel Alegre Calderón
y Pedro Miguel Bravo Díez
Textiles: Juan José Martín García
y Óscar Raúl Melgosa Oter
Papel: Luis Santos y Ganges
y Sonia Serna Serna
Vidrio: Pilar Alonso Abad
Plásticos: José Miguel García Pérez,
José Antonio Reglero Ruiz
y Miriam Trigo López
Nanomateriales: Álvaro Colina Santamaría
Y Aránzazu Heras Vidaurre

Documentación:
Adán Ruiz Román
y Gonzalo de Pedro Andrés

Producción audiovisual y entorno web:

Coordinación audiovisual:
David Serrano Fernández

Video:
David Serrano Fernández
y Fernando Muñoz Cifuentes

Realidad virtual:
Samuel Arias Tejedor

Guión y locución:
Samuel Pérez Gutiérrez

Diseño web:
David Serrano Fernández
y Sonia Hurtado Manso

Administración y gestión:
María Isabel Soto Muñoz
Zulema Arenas Congosto

Identidad gráfica:
Marta de Martola

Comunicación y difusión:
Unidad de Cultura Científica
de la Universidad de Burgos

EBOOK

Coordinación:
Gonzalo Andrés López
y Rodrigo Alonso Alcalde

Documentación:
Adán Ruiz Román
y Gonzalo de Pedro Andrés

Asesoría científica:
Prehistoria: Marta Navazo Ruiz
Piedra: Verónica Calderón Carpintero
y Ángel Rodríguez Saiz
Madera: Smara Gonçalves
Metales: Jesús Manuel Alegre Calderón
y Pedro Miguel Bravo Díez
Textiles: Juan José Martín García
y Óscar Raúl Melgosa Oter
Papel: Luis Santos y Ganges
y Sonia Serna Serna
Vidrio: Pilar Alonso Abad
Plásticos: José Miguel García Pérez,
José Antonio Reglero Ruiz
y Miriam Trigo López
Nanomateriales: Álvaro Colina Santamaría
Y Aránzazu Heras Vidaurre

Diseño y maquetación:
Marta de Martola

Colabora:
Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Ministerio de Ciencia e Innovación.

© LOS AUTORES
© UNIVERSIDAD DE BURGOS

Edita:
Servicio de Publicaciones e Imagen
Institucional
UNIVERSIDAD DE BURGOS
Edificio de Administración y Servicios
C/ Don Juan de Austria, 1
09001 BURGOS – ESPAÑA
serv.publicaciones@ubu.es

ISBN:
978-84-16283-95-8 (edición impresa)
978-84-16283-96-5 (ebook)

Depósito Legal
BU.-119-2020

Andrés López, G. y Alonso Alcalde, R.
(Coords.) 2020: *Materiales. Una historia sobre la evolución humana y los avances tecnológicos*. Ed. Universidad de Burgos, Burgos, 147 p.

Organiza y promueve:



Con la colaboración de:



CRÉDITOS IMÁGENES

Las imágenes utilizadas pertenecen a los siguientes repositorios de utilidad pública: Alamy, Archive.org, Creative Commons Search, Envato Elements, Flickr, Foter, Free Images, Freepik, Getty Images, Gratisography, Lifeofpix, Mmt Stock, Pexels, PhotoGen, Picography, Pinterest, Pixabay, Public Domain Pictures, RGB Stock, Splitshire, SStocksnap, Startuptockphotos, Stockvault, Stokpik, Superfamous, Unplash y Videoblocks

Madera

Pp. 9. Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege de Fuchs NLD. CC BY-SA 3.0 de, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19057134>
Pp. 9. Rosendahl, G.(2006). Le plus vieil arc du monde Une pièce intéressante en provenance de Mannheim, Allemagne. *L'anthropologie* 110: 371-382.
Pp. 9. Gordy, Wilbur F. (1913). *Stories of American History*. New York: Charles Scribner's Sons: 20.
Pp.9. Cerámica griega. CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14860092>
Pp. 10. Drakkar de Softeis, CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1051303>
Pp. 10. No machine-readable source provided. Own work assumed (based on copyright claims). CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1028318>
Pp.10: Artesonado de la Alhambra de José Luis Filpo Cabana. CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=59942396>
Pag. 11. Tullia Ritti, Klaus Grewe, Paul Kessener. (2007). "A Relief of a Water-powered Stone Saw Mill on a Sarcophagus at Hierapolis and its Implications", *Journal of Roman Archaeology*, Vol. 20: 148. CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8550271>
Pp. 11. Retablo Mayor de la Catedral de Burgos de R. Antonio. CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5204067>
Pp. 13. Trabajadores en andamio de bambú de Photo by CPhoto, Uwe Aranas, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=38551244>
Pp.13. Impresora 3D Prusa i3 MK2 de Josef Prusa <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=49410013>
Pp.20. Las señoritas de Avignon de Pablo Picasso. Museum of Modern Art, New York, PD-US, <https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=547064>

Piedra

Pp. 31. Presa de las Tres Gargantas. CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=206094>
Pp. 31. Palm Islands by Google Earth.
Pp. 38. Carretera Panamericana de Angelica Jacobi CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Panamericana_Atacama_Peru.JPG

Metales

Pp. 45. Cueva de Shanidar de JosephV. CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1445491>
Pp. 46. Heracles del Vaticano. CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=74015872>
Pp. 46. Reja de la Catedral de Pamplona de Yorisito. CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11720046>
Pp.48. Batería eléctrica de Volta de I, GuidoB. CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2249821>
Pp. 49. Horno fusión arco eléctrico esquema de Toucherstone007. CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=23213560>
Pp. 49 Maquinaria de Deutsche Fotothek. CC BY-SA 3.0 <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6379970>

Textiles

Pp. 62. Estatua de personaje vestido con una toga de I, Saiko. CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9945502>

Vidrio

Pp. 80. Silicio de Manuel Almagro Rivas. CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=38694529>

Pp. 82. Vidrieras de la Sainte Chapelle de Koldo Iglesias Pardo. CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=66292929>
Pp. 84. Obra de Dominick Labino de Gloverpark. CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17351149>
Pp. 84. Retrorreflector láser de la Luna de NASA - NASA Apollo Archive, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=719521>
Pp. 86. Vidrio soplado, obra de Pearson Scott Foresman. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blowpipe_\(PSF\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blowpipe_(PSF).jpg).

Papel

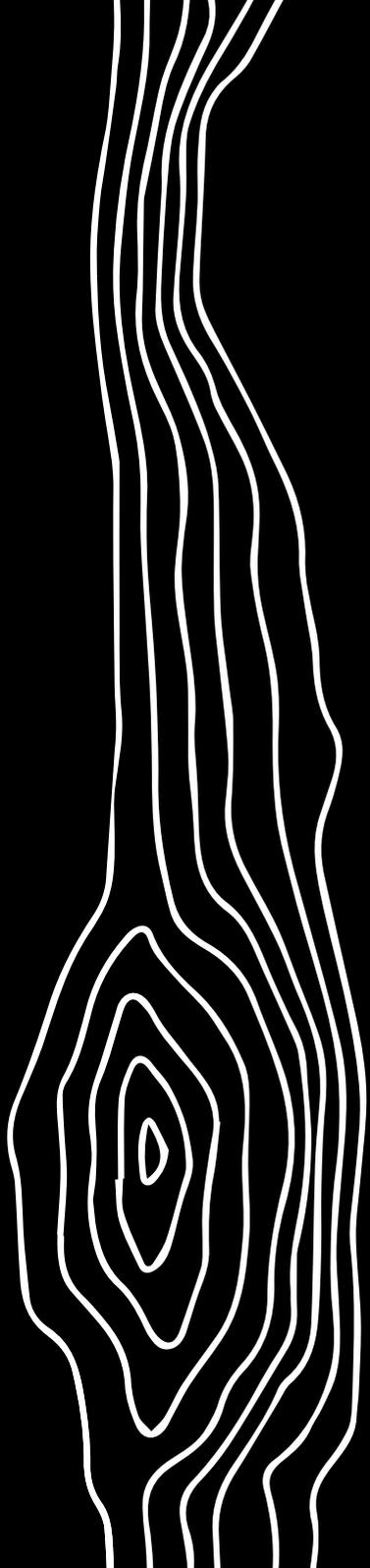
Pp. 98. A banknote issued by the government of the Chinese Ming Dynasty. General Bank of Communications (1912). <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=81521832>
Pp. 98. Mosaico de Marco Polo del Palazzo Tursi deSalviati. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=52252778>
Pp. 98. Una barra de sumi, el suzuri y el fude. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=488393>
Pp. 98. Tabula Rogeriana realizada por Muhammad al-Idrisi en 1154 de Konrad Miller's collage of the Bodleian MS. Pococke 375 or possibly another based on the French National Library's MS. Arabe 2221. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3134727>
Pp. 99. Incunabile conservado por la Biblioteca Histórica de la Universidad Complutense de Madrid de Alfonso del Puerto y Bartolomé Segura en Sevilla de 1480 <https://biblioteca.ucm.es/historica/fasciculus-temporum>. CC0
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=77628385>
Pp. 99. Enciclopedia francesa de Long List of Contributors to the Encyclopédie - File:ENC 1-NA5 600px.jpeg <http://ets.lib.uchicago.edu/ARTFL/OLDENCYC/images>. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=28864546>
Pp. 100. Charles Fenerty en 1870. Scanned by Peter Burger. CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12666149>
Pp. 107 Interior de la Biblioteca Joaina, por Domenico Dupra. CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Library_of_the_University_of_Coimbra.jpg

Plásticos

Pp. 118. Hermann Staudinger de Fr. Schmelhaus / ETH Zürich - ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv. CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8098399>
Pp. 120. Avion de Boeing 787-8_maiden_flight_overhead.jpg. CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10566631>

Nanomateriales

Pp. 134. Cerámica esmaltada del siglo XIII del Brooklyn Museum, Gift of the Ernest Erickson Foundation, Inc., 86.227.16. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File: Bowl_of_Reflections_early_13th_century_\(cropped\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File: Bowl_of_Reflections_early_13th_century_(cropped).jpg)
Pp. 134. Cuchillo de acero de Damasco. CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1386837>
Pp. 136. Muestra de puntos cuanticos de Antipoff - Photo taken on 28.11.2012, edited in Photoshop last time on 29.06.2013. Previously published: <http://www.plasmachem.com/shop/en/226-zncdses-alloyed-quantum-dots>, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26950552>
Pp. 137. Ashby, M. F. *et alii* (2009). *Nanomaterials, nanotechnologies and design. An introduction for engineers and architects*, Butterworth-Heinemann, Oxford, p. 8.
Pp. 137. Portada de revista *Nanotechnology*, Number 39, Vol. 31, 2020. Nainopscience.iop.org.
Pp. 137. Nadrian Seeman, de Antony-22. CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10570387>
Pp. 138. Medalla premio Kavli de Kavli Fundación
Pp. 138. Telescopio espacial Spitzer de la NASA. <https://www.nasa.gov>
Pp. 143. Avión nanomateriales de University of Central Lancashire <https://www.uclan.ac.uk/news/another-aerospace-world-first.php>
Pp. 135. Logo de la Tokyo University of Science <https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=51710271>
Pp. 142. Richard Feynman de Nobel Foundation. https://en.wikipedia.org/wiki/File:Richard_Feynman_Nobel.jpg#file



materiales

Una historia sobre la evolución humana y los avances tecnológicos

Materiales que han cambiado nuestra vida; técnicas, procedimientos y tecnologías que nos han hecho resolver nuestros problemas cotidianos. La vinculación del ser humano con la obtención, manipulación y transformación de materiales para construir soluciones a sus necesidades ha marcado las diferentes etapas de la humanidad. En cada momento de la historia, hemos necesitado protegernos, alimentarnos o vestirnos para cubrir nuestras necesidades básicas. Nuestra inquietud por mejorar y crecer nos ha llevado a crear, a construir, a fabricar multitud de herramientas, ingenios y máquinas que han formado un nuevo mundo a nuestro alrededor. Hemos aprendido a transportar líquidos y objetos, a desplazarnos a distintas velocidades, a viajar y, como parte de la comunidad en la que nos hemos desarrollado, siempre hemos mantenido nuestras formas de comunicación como vínculo entre nosotros. Evolucionando como grupo, como sociedad, hemos recurrido a muy diversos materiales mediante los que hemos desarrollado nuestro modo de ocupación de los diferentes ecosistemas de la Tierra. Gracias a nuestro ingenio, nuestra inteligencia y nuestro grado de socialización nos hemos ido adaptando a las circunstancias en cada momento para desarrollar un notable progreso en nuestras metodologías, creando nuevas soluciones técnicas acordes a las nuevas necesidades de cada etapa.

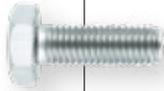
Tradicionalmente, nuestra búsqueda se centró en los recursos naturales, utilizando la piedra, la madera y los metales como base de nuestras intervenciones. En ese mismo camino, desde nuestros orígenes, buscamos importantes soluciones técnicas mediante el uso de la cerámica y el vidrio; y generamos novedosos resultados con los productos textiles y con el papel, esencial para nuestra comunicación. Hemos progresado en el manejo de todos estos materiales durante más de dos millones de años hasta que nuestra propia evolución en el planeta nos ha llevado a buscar nuevas posibilidades. En el último siglo hemos iniciado un nuevo camino mediante la generación de materiales elaborados y compuestos, no exclusivamente vinculados al origen natural. Los polímeros artificiales, esencialmente los plásticos, y un amplio conjunto de nanomateriales hasta ahora desconocidos han iniciado una nueva era para nuestra especie. Este libro realiza un recorrido por este apasionante viaje: el camino que ha llevado al ser humano a construir la historia de su evolución mediante el uso de nuevas tecnologías aplicadas al progreso en el manejo de los materiales.



6
madera



24
piedra



42
metales



58
textil



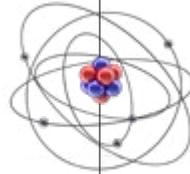
76
vidrio



93
papel



113
plásticos



131
nanomateriales



ma
de
ra

madera

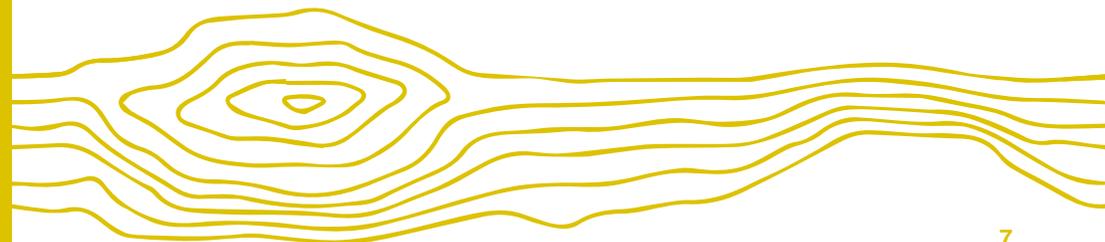


Las ramas de los árboles fueron los elementos más antiguos manejados y manipulados por el ser humano para su supervivencia. Por su abundancia, accesibilidad y fácil manejo, la madera ha sido un elemento clave en nuestra evolución y se ha identificado, junto con la piedra, como uno de los materiales esenciales. De hecho, su etimología deriva del vocablo latino “materia”. La madera se encuentra en la naturaleza en forma de cuerpo leñoso en árboles y arbustos, con una estructura polimérica de fibra de celulosa en forma de tubo, acompañada de otras sustancias también aprovechables, como las resinas, los aceites, los taninos o diversos azúcares.

La producción de herramientas, útiles y armas marcó el comienzo de su utilidad para los primeros homínidos, pero pronto descubrimos su capacidad de combustión y fuimos capaces de aplicar este material para controlar y producir el fuego. El uso de la madera como combustible marcó una etapa clave en nuestros orígenes, ya que mediante el fuego se superó el ritmo natural marcado por la luz solar, aumentando las horas de convivencia. La madera ejerció de algún modo como material determinante para la cohesión social. El fuego incrementó las relaciones entre los individuos, mejoró los sistemas de protección frente a los grandes depredado-

res y transformó nuestros sistemas de alimentación y conservación de alimentos.

Pero más allá de la Prehistoria, se han atestiguado igualmente evidencias de la utilización que todas las sociedades han hecho de la madera. Su uso ha sido una constante en el desarrollo de técnicas y aplicaciones a lo largo de la historia. Las primeras ruedas macizas se fabricaron con madera; los fenicios ya utilizaban este material en sus embarcaciones; las murallas y las grandes construcciones medievales se levantaron basándose en soportes de madera y ha sido la base de la construcción de todo tipo de edificios durante siglos. Lo cierto es que se ha utilizado como material esencial para la fabricación de instrumentos, armas, empalizadas, construcciones, viviendas, carros, embarcaciones, envases, mobiliario, objetos decorativos, obras de arte o instrumentos musicales. Igualmente, sus resinas han sido el componente esencial de adhesivos y aditivos para la fabricación de pegamentos, pigmentos, disolventes, fármacos, perfumes, alquitrán y pez. Y más aún, a partir de su uso para estos compuestos, la madera ha abierto la puerta a nuevos materiales moldeables y fáciles de producir, creando nuevos compuestos a partir de sus polímeros.



madera



propiedades

características

Dureza	La madera presenta resistencia a la penetración de objetos (tornillos, clavos, etc.) y a ser rayada.
Densidad	La madera es menos densa que el agua por eso flota. 0,3 g/cm ³ – 0,9 g/cm ³ .
Aislante	La madera seca es un buen aislante eléctrico y térmico. Es un buen combustible pero la capa exterior carbonizada ralentiza la propagación del fuego en el interior de la madera.
Conductor acústico	Buen transmisor sonoro. A 0°C el sonido viaja por el aire a una velocidad de 334 m/s y por la madera de roble a 3850 m/s.
Porosidad	La madera es capaz de absorber o desprender líquidos o gases.
Higroscopicidad	Es la capacidad de absorber y exhalar la humedad. Los cambios de humedad hinchan y contraen la madera provocando que se deforme. Pero es una característica adecuada como regulador de la humedad ambiental.
Resistencia mecánica	Buena resistencia mecánica a la tracción, compresión y flexión.
Tenacidad	Capacidad para absorber la energía de un golpe. La madera posee una gran tenacidad por eso se utiliza en los mangos de las herramientas.
Hendibilidad	Alta al partirse en la dirección de sus fibras y vetas.
Color	Gran variedad cromática y de avetado.
Anisótropa	Distinto comportamiento físico según la dirección de la veta.

1.500.000 años



Primeros fuegos

Las evidencias más antiguas de uso de fuego datan de hace un millón y medio de años en los yacimientos africanos de Chesowanja y Koobi Fora (ambos en Kenia). En el primero se encontraron más de 40 fragmentos de arcilla rubefactada asociada a la industria y fauna del *Homo ergaster*.

500.000 años



Lanzas y jabalinas

En Schöningen (Alemania) se han documentado ocho jabalinas de abeto y pino fabricadas por preneandertales hace 400.000 años. Estas tienen una longitud entre 182 y 250 cm y un diámetro que varía de los 3 a los 5 cm. Fueron utilizados para caza intensiva de mamíferos, ya que se han encontrado más de 16.000 huesos de animales, el 90% de equinos y el resto de ciervo rojo y bisonte europeo.

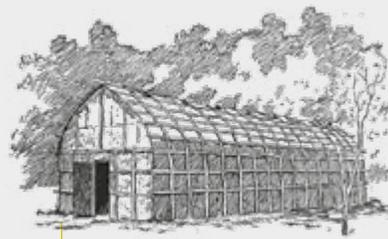


Boomerang o lanza pequeña arrojadiza descubierta en el nivel de 300.000 años del yacimiento Schöningen (Alemania).



Arco de madera

El primer fragmento de arco de madera que fue hallado es el de Mannheim-Vogelstang (Alemania). Tiene una antigüedad de 17.600 años, 110 cm y en uno de sus extremos posee una muesca para encajar la cuerda tensada. Los restos más antiguos de flecha que se han encontrado son las flechas de Stellmoor, de 12.000 años de antigüedad, localizadas en una zona cercana a Hamburgo.



Palafitos

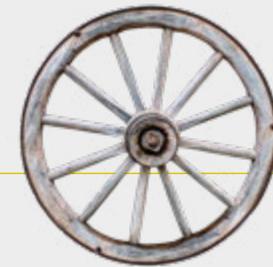
En las zonas pantanosas de los Alpes, hace 7.000 años, aparecieron los palafitos: viviendas realizadas sobre pilares o estacas de madera construidas en zonas de aguas tranquilas o pantanosas y en localidades costeras. La virtud de esta edificación es la de mantener el suelo de la vivienda o almacén alejado del agua y sus efectos. El mayor hito de esta expresión constructiva sería el origen de la ciudad de Venecia, sustentada gracias a un sistema de pilotes, grandes pilares de 3 m de largo y 0,5 m de diámetro que se clavaban en el cieno para crear grandes estructuras protourbanas.

6.000 años



Arado

El arado con reja de madera se descubrió en el Antiguo Egipto hace 6.000 años, aunque el origen de esta tecnología está en Oriente Medio, obra de las primeras civilizaciones que ocuparon los territorios entre el Tigris y el Éufrates. En un principio la fuerza de arrastre era ejercida por seres humanos. Los primeros ejemplos de utilización de animales datan del año 3.000 a.C. y se relacionan con bueyes.



Rueda

La rueda maciza de madera apareció en el 5.500 a.C. en Mesopotamia. Pese a que no existen aún evidencias arqueológicas, se cree que las primeras ruedas aparecieron 2.500 años antes en Sumeria, como una lenta evolución de la combinación del rodillo y el trineo. Fueron los egipcios quienes incorporaron posteriormente los radios, favoreciendo su aligeramiento.



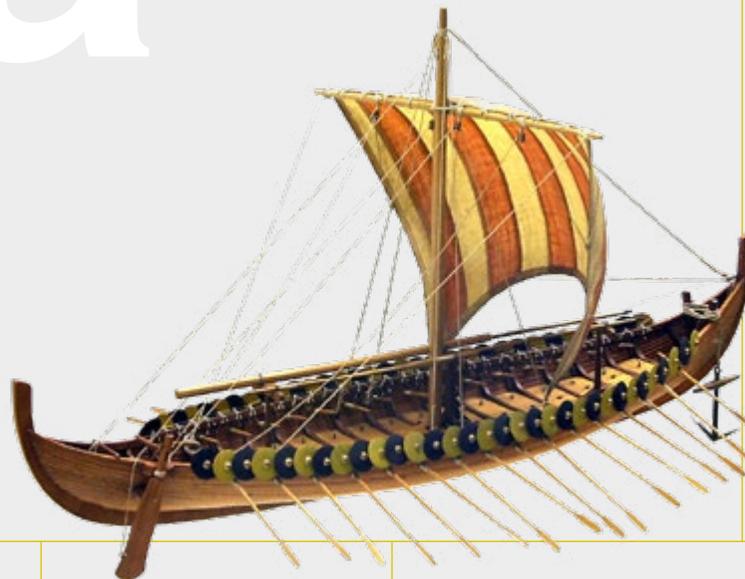
Detalle de decorativo de una cerámica griega de hacia el 530 a.C. donde se representa la utilización de un arado de madera.

tema

de

la

año 800 a.c.



Los fenicios

Las grandes civilizaciones occidentales basaron su poder en la conquista del Mediterráneo y sus costas como eje vertebrador de sus imperios, utilizando embarcaciones construidas con madera. Desde antes del nacimiento de los grandes imperios de Grecia, Roma y el Califato Omeya, los fenicios dominaban el Mar Mediterráneo. Eran una potencia militar y comercial gracias al dominio naval que les permitió llegar más allá del Estrecho de Gibraltar. Entre los siglos IX y VIII a.C. fundaron en la Península Ibérica varias ciudades, entre las que destacan Gádir y Cartago Nova, actuales Cádiz y Cartagena.

Las barricas

El Imperio Romano asimiló los toneles de madera como envase principal tras la conquista de la Galia, en el 58 a.C. Los galos usaban esta técnica para la conservación de cerveza y los fabricaban humedeciendo, doblando y calentando las tablas al fuego, la misma técnica que usaban para fabricación naval. Tras este descubrimiento, el Imperio Romano abandonó las ánforas y comenzó a utilizar barricas por sus ventajas para el transporte: no se rompían y se podían llevar rodando. Además, se percataron de que el vino almacenado en los toneles contaba con nuevos aromas procedentes del tostado de la madera, descubriendo una técnica de maduración del vino que ha llegado hasta nuestros días.

Los tablones romanos

El comercio de madera a larga distancia fue una constante en el Imperio Romano. La necesidad de obtener grandes tablones para la construcción o la fabricación de barcos y carros, motivó la búsqueda de bosques para obtener este tipo de elementos de más de 300 cm de largo. El estudio de un pórtico en los jardines de la vía Suavia de Roma ha demostrado que para su construcción se utilizaron tablones provenientes de bosques centroeuropeos situados a más de 1.700 km.

Velas y madera

Los vikingos asimilaron la navegación de vela a finales del siglo VI, permitiéndoles realizar trayectos más largos y a mayor velocidad, pero no abandonaron el remo como fuerza propulsora. Se convirtieron en los mejores navegantes de la Alta Edad Media, adentrándose por el Mediterráneo hasta el Imperio Bizantino y en mar abierto hasta Islandia, Groenlandia y zonas cercanas a Canadá. La versatilidad de sus naves de madera les permitió remontar ríos para atacar ciudades de interior, como Sevilla en el 884 o París un año después. Los *drakkar* y los *snekkar*, naves largas y estrechas de poco peso y calado, les hicieron ser la potencia militar y comercial de la época.

El Islam y los artesonados

Con la consolidación de Al-Andalus como califato independiente (929 - 1010), el desarrollo científico y matemático permitió aplicar al arte la elaboración de complejas figuras poligonales. En el Islam, la geometría expresa la unidad y orden del universo como creación de Alá. Esta disciplina artística alcanza la perfección estilística aplicada a los artesonados de madera, cuya máxima expresión es la Alhambra de Granada.

año 800



Artesonado de madera de la Alhambra de Granada.

Relieve asirio de un birreme fenicio del siglo VII a.C. Este tipo de embarcaciones estaban destinadas para la guerra y en ella se habilitaban dos filas de remeros, una por cada costado. El grabado representa la huida del rey Luli de Sidón en el ataque de Sargón II de Asiria a la ciudad.

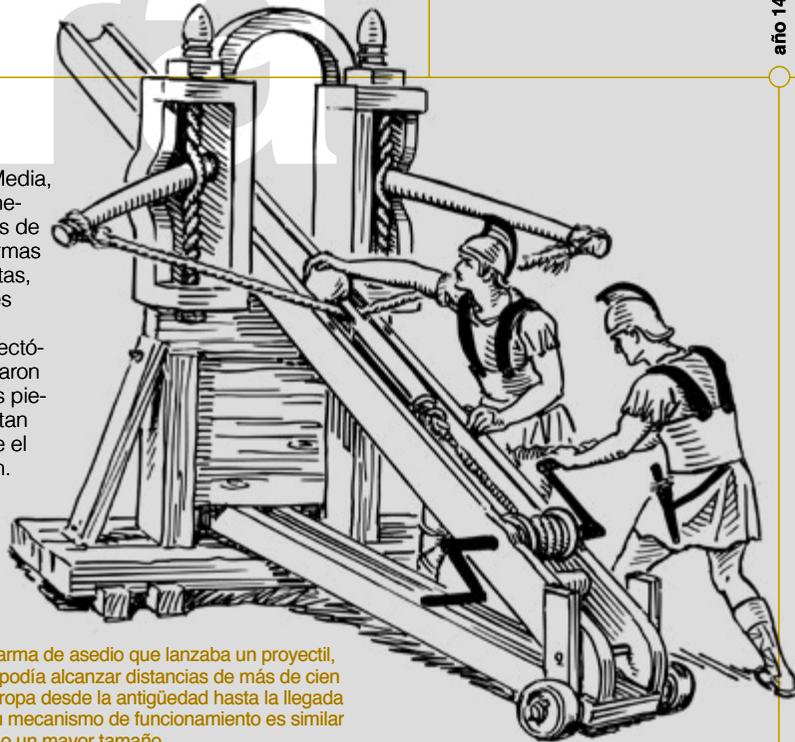


año 1000

La guerra y la madera

Durante la plena Edad Media, del 1000 al 1250, se generalizaron las empalizadas de madera y las grandes armas de guerra como catapultas, mangoneles, trabuquetes y ballistas típicas de las guerras feudales. Arquitectónicamente, se evolucionaron las cimbras romanas, las piezas de madera que sujetan arcos y bóvedas durante el proceso de construcción.

La ballista o ballista es una arma de asedio que lanzaba un proyectil, generalmente una piedra y podía alcanzar distancias de más de cien metros. Fue utilizada en Europa desde la antigüedad hasta la llegada del cañón en el siglo XV. Su mecanismo de funcionamiento es similar al de una ballesta pero como un mayor tamaño.



año 1400

La madera y el lujo

A finales de la Edad Media, la producción gremial, el comercio y las artes adquirieron un gran esplendor. La producción artística laica se fue haciendo tan importante como la religiosa, produciendo muebles de exquisita fábrica: camas, cofres y arcas, sillares, mesas, sillas, puertas y ventanas. El siglo XIV se distinguió por el lujo de estos elementos fabricados con madera, que viajaron por toda Europa, expandiendo e intercambiando estilos.

El agua y el aserrado

En el siglo XIII se comenzó a utilizar la energía hidráulica para el trabajo maderero. El uso de la sierra hidráulica fue impulsado por el desarrollo de las grandes construcciones como catedrales y palacios, que exigen un gran número de grúas, andamios y otros elementos auxiliares fabricados con madera. Ese aumento en la producción de herramientas exigió una mayor velocidad de aserrado que hasta el momento solo pudo ofrecer el agua. El primer plano de este tipo de sierra data de 1230, hecho por el arquitecto francés Villard de Honnecourt.



La carabela

La Escuela de Navegación portuguesa de Sagres fundada por Enrique el Navegante inventó la carabela en el siglo XV. Este barco de madera perfeccionó el diseño de los drakkars vikingos y permitió atravesar los grandes océanos, alejándose de la costa. Su desarrollo permitió grandes viajes como los de Cristóbal Colón a América.

Primer desembarco de Cristóbal Colón en América de Puebla y Tolín (1862). El cuadro depositado en el Museo del Prado, representa la llegada de la expedición colombina a Guanahani el 12 de octubre de 1492.

año 1500

El catolicismo y los retablos

Los retablos de madera de las iglesias católicas fueron los elementos más relevantes en la decoración interior de templos y catedrales en el siglo XVI. Fue una expresión artística con mucha profusión en la Península Ibérica que dio el salto al otro lado del Océano Atlántico, a las colonias hispanas y portuguesas. Actualmente, no solo conservan su valor estético y espiritual, sino que son símbolos de identidad local.



Retablo mayor de la Catedral de Burgos del siglo XVI.

de la

año 1600



James Cook (1728-1779) fue un navegante, explorador, cartógrafo de la Marina Real Británica que destacó por sus viajes por el Océano Pacífico. Durante estas expediciones científicas financiadas por la Royal Society se elaboraron cartografías de Australia, Nueva Zelanda y Hawái.

El descubrimiento de Oceanía

La madera asociada al desarrollo naval permitió a los holandeses llegar a Oceanía en 1606, lugar al que llamaron *Australis Incognita*, la tierra desconocida del sur. En 1770, el capitán inglés James Cook cartografió toda la costa este de Australia y la llamó Nueva Gales del Sur.



San Bruno tallado en 1634 por Juan Martínez Montañés (1568 -1649) en la iglesia del Monasterio de la Cartuja Santa María de las Cuevas (Sevilla).

El Barroco y la talla en madera

Las características plásticas de la madera permitieron que la escultura barroca del siglo XVII, conocido como el Siglo de Oro español, alcanzase las más altas cotas de realismo conocidas hasta la fecha. Hubo dos grandes escuelas escultóricas que destacaron sobre las demás: la Castellana, con Gregorio Fernández (1576-1636) como máximo exponente y la Sevillana, con Juan Martínez Montañés (1568-1649) al frente.

año 1800

La madera laminada

A partir de la Revolución Industrial se experimenta con la madera para desarrollar nuevas cualidades y formas, como la madera laminada de Friedrich Otto Meter, germen de los tableros de contrachapado desde 1890. La empresa Otto Hetzer, fundada por sus tres hijos, dio a conocer los avances de este material en la Exposición Mundial de 1910 en Bruselas, donde recibió dos premios. El primer país donde triunfó este producto fue Suiza, donde en 1920 existían más de 200 edificios con viga o arcos de tipo Hetzer.



En la actualidad los laminados y el parquet son los elementos más comunes en los suelos de las casas. El término parquet empezó a utilizarse durante el reinado de Luis XIV de Francia (1643-1715), cuando se construye el castillo Vaux-le-Vicomte, revestido de un parquet en diagonal hecho de paneles de roble.

año 1850

Celuloide y celulosa

La invención del celuloide a partir de una solución alcohólica de nitrato de celulosa, el principal polímero que forma la madera, dio lugar a la primera sustancia moldeable antes de endurecer, hito humano único desde la primera fundición de los metales. Fue descubierto

por John W. Hyatt en 1868 y su aplicación como película fotográfica fue obra de Hannibal W. Goodwin, quien en 1887 lo utilizó con ese propósito por primera vez. Dos años después, Eastman Kodak patentó la película con emulsión fotográfica, sobre la que se asentó su empresa hasta principios del siglo XXI.



de ra

año 1950



El trabajo forestal

Las trituradoras forestales permiten desde el siglo XX el aprovechamiento del excedente de tala en los montes para la regeneración de los espacios naturales de manera sostenible, ayudando además en la prevención de incendios forestales. El trabajo forestal a nivel extractivo genera en España 111,8 millones de euros actualmente. La actividad primaria en el medio rural dedicada al sector silvícola y forestal ha aumentado un 11% con respecto al año anterior.

Pinos resineros

En 1961 España llegó a producir 55.000 toneladas de resina, lo que supuso el 10% de la producción mundial. Actualmente, la obtención de este material se está recuperando, sobre



todo en Castilla y León, donde se han superado las 12.000 toneladas anuales. Se trata de un sector en alza porque las políticas europeas están potenciando la resina como producción sostenible frente a otras sustancias similares derivadas del petróleo.

La resina sirve como recubrimiento natural de los árboles frente a los insectos y otros patógenos. Se utiliza actualmente para producir barnices, adhesivos y aditivos alimenticios.



año 2000

Andamios de bambú

En el continente asiático, hoy día siguen utilizándose andamios de bambú, llamados *taap pang*, para grandes obras por su flexibilidad, precio y rapidez en el montaje. Solo en Hong Kong hay más de 1.700 andamios de bambú, formados por más de 5 millones de esquejes que alcanzan los 8 metros. Se siguen utilizando porque son flexibles, permiten crear piezas de cualquier tamaño y montarse muy rápidamente: con obreros experimentados, se pueden colocar 20.000 metros cuadrados de andamio en un día.

En Hong Kong siguen utilizándose en la actualidad la milenaria técnica del *taap pang* o andamios de bambú. El rápido crecimiento del bambú y su facilidad de sustitución ha motivado que esta madera continúe utilizándose como material de construcción sostenible en edificios de grandes dimensiones.

El pellet

Tras el *Crac* del 29, Estados Unidos se sumió en una profunda recesión económica. Fue entonces cuando una serrería de pino de Idaho inventó una forma de reciclaje de serrín y restos de poda en bloques de serrín prensado, del tamaño de un tronco mediano, de 20 a 30 cm de diámetro. Salió al mercado con el nombre de *Presto-log*. Con el tiempo, se fueron creando formatos de biocombustible más pequeños, siendo el más conocido el pellet, uno de los combustibles caloríficos domésticos más utilizados por su sostenibilidad y bajo coste. En 2018, en España se consumieron 600.000 toneladas de pellets.



Madera y otros materiales

En el siglo XXI, la madera se combina con otros materiales para generar composites -resinas y materiales sintéticos más ecológicos- que permiten su utilización en impresoras 3D. Por primera vez en su historia, la madera pasa de ser esculpida y cortada a extrusionada y modelada en filamentos de madera.





Si supiera que el mundo se acabara mañana, yo, hoy todavía, plantaría un árbol.

Martin Luther King Jr.
Premio Nobel de la Paz en 1964

1 Composición, características y tipos

La madera es un material natural que aparece en forma de troncos y ramas de árboles, por lo que es de fácil su obtención y manipulación. Puede ser trabajado tal cual, eliminando material para darle la forma buscada o transformándolo en derivados mediante la utilización de sus resinas, cortezas y otros elementos. Es un compuesto higroscópico que reacciona a las variaciones de humedad de su entorno, alterando su volumen.

La madera está hecha de fibras de celulosa, el biopolímero natural más abundante de la corteza terrestre. Gracias a su utilización, los humanos hemos creado numerosos derivados, así como de las otras sustancias que la acompañan, como almidones, aceites y resinas y sus derivados, como el aguarrás o la trementina.

Por su dureza y su densidad, es buen aislante térmico y eléctrico, así como un gran conductor acústico.

Existen tantos tipos de madera como especies de árboles (más de 60.000), no todas aprovechables, se clasifican habitualmente en blandas o tempranas y duras, también llamadas tardías.

- Las blandas proceden de árboles de crecimiento rápido, perennes y coníferas, como olmos, álamos, pinos, cipreses y cedros. Son más fáciles de trabajar.
- Las duras son aún más resistentes y costosas, puesto que se obtienen de árboles de crecimiento más lento y son más difíciles de trabajar por su exterior irregular. Entre ellas destacan las maderas de caoba, roble, nogal, olivo, cerezo o fresno.



60.000

Especies de árboles, cada una con un tipo de madera diferente.

TIPOS DE MADERA

blanda

- Árboles de crecimiento rápido.
- Fáciles de trabajar
- Olmos, álamos, pinos, cipreses y cedros

dura

- Más resistentes y costosas
- Árboles de crecimiento lento
- Difíciles de trabajar
- Caoba, roble, nogal, olivo, cerezo o fresno.

2

El fuego como fuente de luz y calor. Alimentos, fundiciones y dioses

La combustión de la madera - a partir de los 300°- produce fuego con calor y luz. Es uno de los elementos más utilizados por los humanos desde hace más de un millón de años. Gracias a la madera, los seres humanos superamos los ritmos naturales de luz y temperatura: fuimos capaces de crear luz en la noche, calor en el frío y modificar los alimentos, para mejorar su consumo o su conservación. También se utilizó como protección contra los depredadores. No ha perdurado ningún grupo humano en la historia que desconociera el uso del fuego y cómo producirlo.

La cocción de la carne elevando su temperatura en el fuego, facilita su ingesta y la absorción de proteínas, facilitando su digestión. Además, elimina parásitos y bacterias. El ahumado es una técnica de conservación de los alimentos cárnicos. Para ello se debe exponer la carne a una combustión sin llama utilizando madera poco resinosas. Un producto ahumado puede perdurar hasta dos meses de media, aunque hay alimentos como la langosta que llegan hasta el año de conservación.



Huehuetéotl

Que significa “dios-viejo” es el nombre con el que se conoce genéricamente a la divinidad del fuego en las antiguas culturas mesoamericanas. Se le representaba como un anciano arrugado, barbado, desdentado, encorvado y con un enorme brasero sobre sus espaldas.

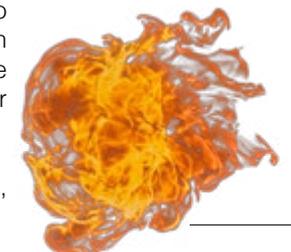
El fuego es uno de los cuatro elementos que, según la tradición occidental, forman los principios básicos de la materia junto con el agua, la tierra y el aire. Esta creencia presocrática perduró hasta el Renacimiento y se la considera predecesora de los estados de la materia y el concepto de combustión. En la cultura china, esta idea perdura en su medicina tradicional, con el agua, la tierra, el fuego, el metal y la madera como elementos básicos.

Según la tradición greco romana, el dios Hefesto (Vulcano en latín) era el dios del fuego, que había sido retirado por Zeus (Júpiter) a los humanos como castigo y recuperado por Prometeo, el titán protector de la civilización humana. En Roma, existía el flamen, el sacerdote romano encargado de encender el fuego sagrado del altar y uno de los de mayor prestigio.

Gracias al fuego, el ser humano ha podido fundir metales, crear cerámica y vidrio y elaborar los plásticos.

300°

Temperatura a partir de la cual la **combustión de la madera** produce fuego con calor y luz visibles.



3 Las herramientas y útiles



La madera forma parte de la gran mayoría de las herramientas que ha usado la humanidad a lo largo de su historia. Nuestra relación con este material surge hace más de dos millones de años cuando los primeros *Homo* se ayudaron de ramas para sus actividades vitales.

Los primeros útiles de madera tuvieron el objetivo de conseguir mayor fuerza, alcanzar mayores distancias para la caza o acceder a lugares limitados por el mismo físico humano. Los avances tecnológicos nos permitieron obtener mejores capacidades, adaptándonos al entorno con estrategias de otros animales.

La sedentarización humana produjo cambios en las necesidades. Las nuevas actividades requirieron nuevas herramientas

y la madera y los vegetales fueron clave en este desarrollo tecnológico. El tejido sistemático de nuevos materiales como el esparto o el miembre dio origen a la cestería y motivó la aparición de los primeros tejidos y teleares.

El estudio y la comprensión de las características de cada tipo de madera aportaron a nuestros antepasados una visión óptima de su funcionalidad. En el terreno de la viticultura hay una evidente muestra de ello. En la producción del vino, desde sus orígenes, la madera está presente en las herramientas del proceso productivo como el prensado. Para su conservación, se eligieron barricas de roble, que aportan una maduración en la que el contenido se beneficia del continente, por sus propiedades organolépticas, perceptibles por los sentidos.

vino

Las barricas de roble aportan una maduración en la que el contenido se beneficia del continente, por sus propiedades organolépticas, perceptibles por los sentidos.

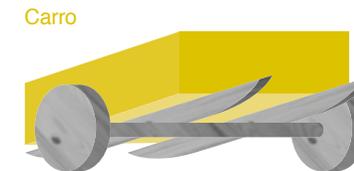
ma
de
ra

tenacidad

Es la capacidad que tiene un cuerpo para absolver la energía de un golpe. La madera presenta una gran tenacidad por este motivo desde la Prehistoria la mayoría de los mangos de las herramientas se han fabricado en madera.

4 El transporte: la rueda y la navegación

LA MADERA Y EL TRANSPORTE



Durante la prehistoria el sistema de rodillo se utilizó para acarrear grandes piedras. El trineo de madera se utiliza aún hoy en día como elemento de transporte en algunas regiones del Ártico. La combinación de ambos sistemas dio como resultado el carro.

El surgimiento de los medios de transporte está íntimamente ligado a la madera. La invención de la rueda hace más de 5.500 años supuso un gran avance para los movimientos de personas y mercancías, favoreciendo el comercio, las migraciones y las conquistas de otros territorios.

En el mismo tiempo, los egipcios comenzaron a construir barcos, inicialmente de papiro que se fueron sustituyendo por otros de cedro o de tamarisco. El gran dominador del Mar Mediterráneo fue el pueblo fenicio, que alrededor del año 1000 a.C. eran la mayor potencia comercial y bélica. Utilizaban grandes barcos veleros con filas laterales de remeros.

Durante la Edad Media se crearon importantes rutas comerciales entre occidente y oriente, como la Ruta de la Seda, que combinaba transporte terrestre en Asia y marítimo en el Mediterráneo.

La carabela surgió como sustituto a las galeras que hasta entonces usaban las armadas europeas. Se trataba de

barcos pequeños, rápidos y maniobrables, pero con gran fuerza, lo que les hacía muy adecuados para la navegación de altura. Llevaban tres mástiles de velas y un timón. La vela latina, móvil, permitía navegar en cualquier dirección.

Esta circunstancia unida al auge del Imperio Otomano, que bloqueó el acceso occidental al sur y el este del Mediterráneo, hizo que los estados europeos buscaran nuevas rutas de acceso a oriente, circunvalando África o buscando una nueva ruta hacia el oeste.

La última opción fue la que hizo posible el descubrimiento de un nuevo continente, desconocido hasta entonces por occidente: América.

Aunque se había descubierto y rodeado completamente tiempo atrás, no fue hasta 1911 cuando el ser humano pisó la Antártida, el único continente que quedaba por explorar en los mares del planeta.



Recreación traslado de un menhir en el Centro de Arqueología Experimental de Atapuerca.

5 La construcción y el trabajo de la madera

Durante la revolución neolítica los grupos humanos comenzaron a construir diferentes edificaciones de madera asociadas al almacenaje, estabulación del ganado o a la propia vivienda.

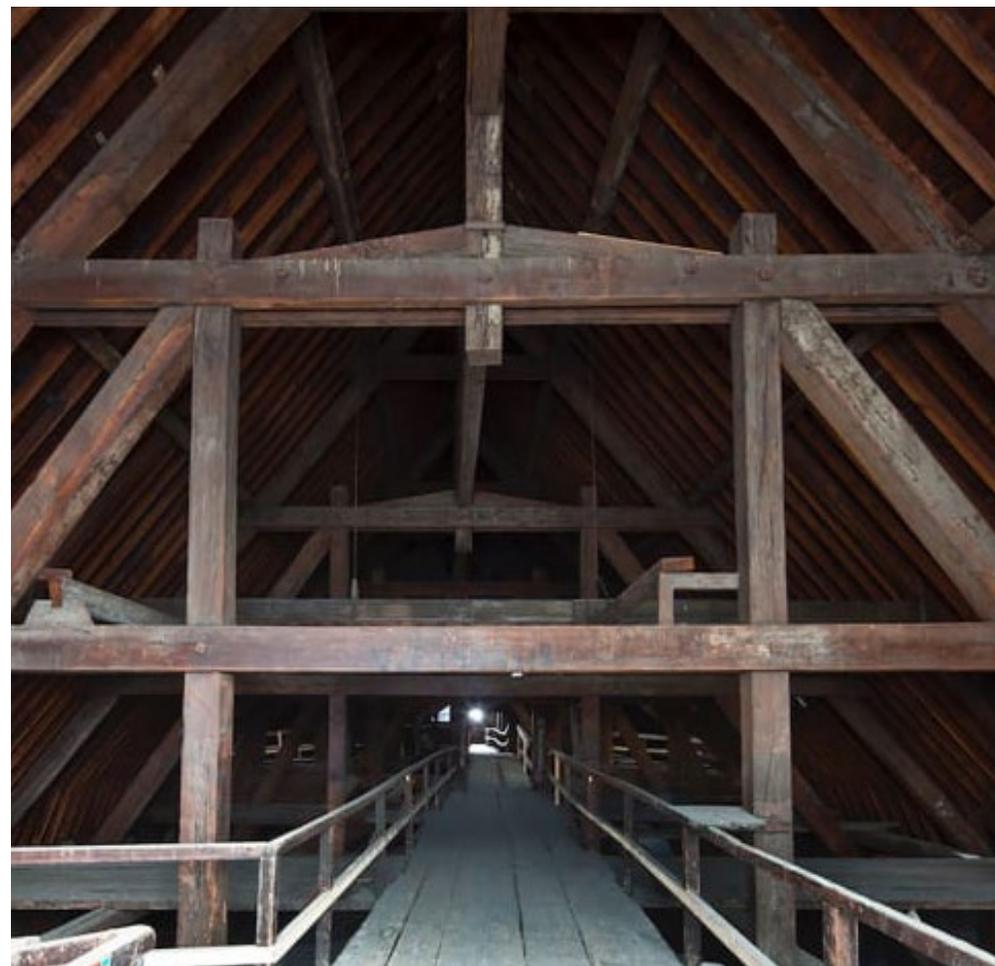
Las primeras edificaciones estaban hechas de madera en rollo: troncos apeados y desarmados separados de la copa y clavados en el suelo. Los avances tecnológicos y de otros materiales hicieron que variase el empleo de la madera en la construcción. Durante la Antigüedad Clásica y la Edad Media la madera se utilizó para fabricar andamios, vigas, adintelamientos y otros soportes constructivos. También fue un material clave en la fabricación de las primeras poleas que sirvieron para levantar otros materiales pesados. Las primeras poleas, utilizadas para levantar los materiales pesados, también eran de madera.

La madera fue un material básico en la colonización del oeste americano en el s. XIX. Hasta la progresiva llegada del ferrocarril, las carretas fueron el medio de transporte más utilizado. De la misma manera, el asentamiento exigió un rápido sistema constructivo que no requiriese conocimientos técnicos y se planteó una nueva técnica de construcción para la colonización más rápida posible: el *balloon frame*. Este sistema consistió en la sustitución de vigas por listones más finos y numerosos, clavados entre sí. El éxito fue tan rotundo que, con este sistema y su evolución, el *platform frame*, con paneles grandes en vez de tablas, se siguen construyendo las viviendas en toda América del Norte.

Desde el mundo clásico la carpintería ha sido un oficio que ha condensado todo el conocimiento sobre el trabajo de la madera, utilizado tanto en la construcción como en la creación de pisos y mobiliario de su interior.

Notre Dame. Esqueleto de madera

El incendio que asoló en 2019 la catedral parisina hizo desaparecer su cubierta de madera del siglo XIII. Se calcula que para su construcción se emplearon 13.000 roble de unos 10 metros de largo que podían tener entre 300 y 400 años cada uno.



6 El arte, la representación y la sonoridad del ser humano



La madera ha estado presente en el arte desde sus primeras manifestaciones: en forma de carbón para la pintura, de forma natural para las tallas o como elemento percutor en los primeros instrumentos musicales como los litófonos.

La expresión humana a través de la música fue evolucionando y la madera fue combinándose con otros materiales, dando lugar a la familia de los instrumentos de cuerda. Estos llegaron a Europa desde oriente, como el rebab, un predecesor del violín moderno que introdujeron los musulmanes en la Península Ibérica durante el siglo VIII. Encontramos un sucesor castellano en la vihuela, muy extendida durante la Edad Media. La cumbre de los instrumentos de cuerda llegaría en el siglo XIX con la profusión de las obras para violín de maestros como Mendelssohn, Tchaikovsky o Beethoven.

Aunque en la escultura no alcanzó el reconocimiento de otros materiales como el mármol, es uno de los recursos más utilizados, desde los sarcófagos egipcios a los tótems de los

nativos norteamericanos. En Europa, la talla de madera está vinculada en su mayoría a la temática sacra. La escultura barroca hispana es considerada una de las más realistas por las características propias del material, que permitían mejores tallas y policromías.

En dibujo y pintura, podemos observar la revolución que supuso para este arte el análisis de la escultura africana en madera que reutilizó Picasso en las obras que preludian el cubismo.

En otras artes como la fotografía, artistas como Eadweard Muybridge investigaron para fotografiar secuencias de movimientos y restituir una imagen perceptiva del movimiento partir de ellas. En 1889 Eastman Kodak patentó la película de celuloide recubierta de emulsión fotográfica que sustituyó a la placa de cristal y alteró el mundo de la imagen. El celuloide o nitrato de celulosa es un material flexible, enrollable y resistente que permitió ser cargado en las cámaras y los proyectores, suponiendo el inicio de la fotografía instantánea y de la cinematografía.

madera y cubismo

La talla en madera de máscaras y esculturas africanas influyó en el siglo XX en Picasso y el nacimiento del cubismo como se puede ver en el cuadro de las "Señoritas de Avignon".



ma
de
ra

7

La madera tecnológica, la celulosa y los nuevos compuestos derivados



Con la llegada de la industrialización, aumentó la demanda de madera para sus diferentes usos. La especialización laboral, la simplificación y estandarización de los procesos de fabricación requirieron en muchos casos de piezas prefabricadas de madera. De esta forma los elementos de madera comenzaron a estar muy presentes en las primeras líneas de montaje a principios del siglo XX.

Por su parte la química maderera permitió, mediante la combinación de la madera con diferentes ácidos y óxidos, la obtención de fibras derivadas de los polímeros de celulosa. Una de las más conocidas fue el rayón nitrocelulosa, imitación de la seda natural, de ahí su sobrenombre de seda artificial o seda Chardonnnet, en honor a su inventor, Hilarie Chardonnnet que la desarrolló en 1889. En 1908, Jacques E. Brandenberger inventó el celofán, en su búsqueda de un material para tejidos que repudiese la humedad. Su nombre viene de CE-

lulOsa diáfANA, por ser transparente, fino y flexible. Es también resistente a la tracción e impermeable. Su proceso de obtención es muy similar al del papel, mediante una cocción a presión hasta crear una pasta sin lignina. Si bien no se utilizó para su uso inicial, se hizo muy popular para el empaquetado de alimentos

El desarrollo químico permitió crear otros formatos de material a partir de las virutas y fibras sobrantes. A lo largo del siglo XX, aparecieron nuevos formatos de madera en el mercado, que permitían una mayor y más barata producción en cadena.

NUEVOS FORMATOS DE MADERA

contrachapado

El tablero contrachapado: encolado de chapas de madera laminada, impulsado por las industrias aeronáutica y automovilística para revestimientos interiores.

dm

El DM o tablero de fibras de densidad media. Obtenido aplicando presión y calor a fibras de madera con adhesivo. Homogéneo y uniforme, son adecuados para la fabricación de muebles por su facilidad para ser trabajados.

contralaminado

El tablero contralaminado, que alterna placas de madera con diferentes disposiciones de sus fibras para dotarlo de mayor resistencia a la torsión.

Las tecnologías de fabricación actuales han abierto la puerta a la madera como elemento textil, como tejido y superando el uso tradicional en calzado y complementos.

En el siglo XXI, la madera se está combinando con otros materiales como el PLA -ácido poliláctico o poliácido láctico- de manera que se generan composites que permiten la fabricación por extrusión 3D, con la posibilidad de generar usos inmediatos al alcance de las personas a través de las impresoras 3D.



madera

8 La dendrocronología y el registro del tiempo



Aunque desde la Antigüedad se conoce la formación de anillos anuales en la madera, se considera que fue el astrónomo Andrew Ellicott Douglass quien estableció los principios de la dendrocronología en 1914. La dendrocronología (del griego *dendron* árbol y *chronos* tiempo) es la disciplina que estudia los anillos de crecimiento de la madera para establecer cronologías de referencia de una determinada especie en una zona climática concreta. El desarrollo dentro de la botánica fue tan relevante que en 1937 creó el primer laboratorio de investigación en dendrocronología. A partir de árboles vivos y la superposición de secuencias procedentes de maderas de mayor antigüedad, en algunas zonas de Europa se han completado registros de más de 8.000 años. Gracias a la dendrocronología se ha logrado reconocer con enorme precisión -de hasta un año en las zonas donde hay suficientes registros botánicos- el clima en el planeta tierra.

Los anillos de un árbol no dejan de crecer durante toda la vida del mismo, por lo tanto contabilizando el número de anillos se puede llegar a conocer la edad de cada árbol. El tamaño, la forma y el color de los anillos depende de diferentes factores, o agentes que nos dan información sobre el pasado relativa a:

Agentes biológicos

Plagas.

Factores climáticos

Sequías, bajas temperaturas, etc.

Factores físicos

Incendios.

Factores humanos

Selvicultura.

Caducifolio o perenne

Dependiendo si el árbol es de hoja caduca o perenne se pueden observar un anillo o dos por cada año. Los árboles caducifolios tienen un único periodo de crecimiento en el año, al llegar el invierno pierden sus hojas y este crecimiento se detiene, por lo cual solo poseen un anillo por año.

madera

Bibliografía

Arriaga, F. (2001). "Estructuras de madera". *Tectónica: monografías de arquitectura, tecnología y construcción*, 13, pp 4-26.

Cavanagh, T. (1997). *Balloon houses: The original aspects of conventional wood-frame construction re-examined*. *Journal of Architectural Education*, 51 (1), pp 5-15.

Di Nardo, C. (1998). *Curso básico de carpintería*. De Vecchi. Pp. 192.

Grohe, G. (1996). "El futuro de la construcción con madera". *Tectónica: monografías de arquitectura, tecnología y construcción*, 13, pp 4-26.

Guitérrez Merino, E. (2009). "La dendrocronología: métodos y aplicaciones". X. Nieto y M.A. Cau (Eds.) *Arqueologia nàutica mediterrània*. Monografies del CASC. Generalitat de Catalunya, pp 309-322.

Hurtado Valdez, P. (2008). *Auguste Choisy: El dibujo de las cimbras románicas y góticas*. Universidad Politécnica de Madrid. 15 p.

Jackson, A., & Day, D. (1993). *Manual completo de la madera, la carpintería y la ebanistería*. Ediciones del Prado. Pp. 320.

Piqué, R. (2020). *Armas y herramientas de madera usos tecnológicos de las plantas. Cuadernos de Atapuerca*. Diario de los Yacimientos de la Sierra de Atapuerca, 13. Burgos, 32 p.

Peterson, F. W. (2000). "Anglo-American wooden frame farmhouses in the Midwest, 1830-1900: Origins of balloon frame construction". *Perspectives in vernacular architecture*, 8, pp 3-16.

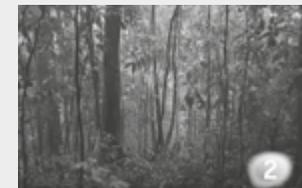
Soto, J. L. C. (2006). "Barcos para la guerra. Soporte de la Monarquía Hispánica". *Cuadernos de Historia Moderna*, 5, pp 15-53.

Recursos audiovisuales



Materiales. Una historia sobre la evolución humana y los avances tecnológicos

Madera
UBU



Vivir con madera

La Aventura del Saber
RTVE-UPM



Tocar madera

Escala humana
RTVE

A close-up photograph of a stone wall. The stones are irregularly shaped and stacked together, showing various shades of grey, brown, and tan. The texture is rough and weathered. Overlaid on the left side of the image is the text "pie dra" in a large, white, sans-serif font. The word "pie" is on the top line and "dra" is on the bottom line, both starting with a lowercase letter.

pie
dra

pie dra

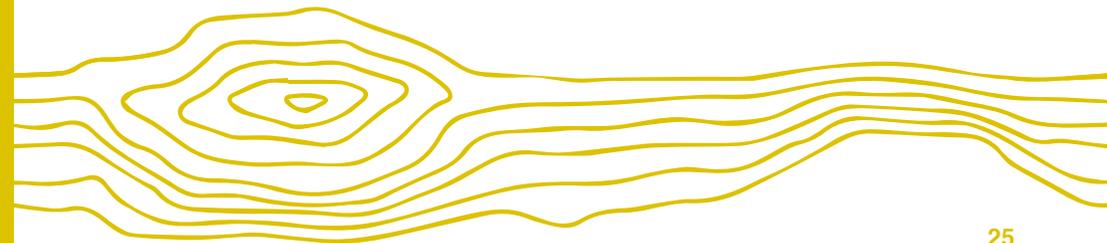


La piedra es el material más antiguo utilizado por el ser humano. Las piedras o materiales pétreos provienen de las rocas. Se trata de sólidos homogéneos de carácter inorgánico compuestos por uno o varios minerales. Las primeras rocas que conformaron la corteza terrestre tienen más de cuatro mil millones de años y desde nuestros orígenes hemos recurrido a este material natural presente en el planeta para el desarrollo de nuestras sociedades. De hecho, nuestra relación con la piedra ha motivado que la primera etapa de nuestra evolución la conozcamos con el nombre de Paleolítico (del griego *palaiós*: antiguo y *lithos*: piedra).

Nuestros antepasados comenzaron a tallar la piedra para fabricar herramientas y útiles de muy diversos tipos, desarrollando una amplia capacidad de técnicas líticas que fueron evolucionando conforme avanzaba la capacidad del ser humano. Al descubrirse la fundición del cobre, los metales comenzaron a introducirse en la fabricación de las herramientas y sustituyeron paulatinamente a la piedra. Sin embargo, este material siguió empleándose habitualmente para otros muchos usos. Defensas, murallas, calzadas, molinos, caminos, esculturas, ritos, costumbres, etc. actividades de todo tipo en las que los materiales pétreos han sido una constante a lo largo de nuestra historia. Pero sobre todos ellos, este

material ha destacado como componente fundamental por su uso en la construcción. Hemos recurrido a la piedra y sus derivados para levantar refugios, viviendas y alojamientos; muros, cimientos, columnas y pilares. En el mismo sentido, hemos utilizado este material para construir almacenes, establos, graneros y fábricas; y para extender pavimentos, urbanizar calles, levantar puentes y trazar carreteras y ferrocarriles.

La piedra ha estado desde luego muy unida al devenir de las sociedades modernas y contemporáneas y la evolución de las tecnologías aplicadas a su extracción y manipulación ha generado diferentes materiales pétreos derivados de la misma: el yeso y la cal -obtenidos por nuevas técnicas y de cocción y calcinación de rocas-, los ladrillos y el cemento -fruto de la mezcla de piedras calizas y arcillosas- o incluso los materiales pétreos con propiedades hidráulicas -obtenidos mediante procesos físico-químicos de transformación con el concurso de las altas temperaturas-. La mezcla y combinación de todos estos compuestos -esencialmente el cemento- con otros materiales ha sido la base de la construcción y la ingeniería moderna, que pese a la introducción masiva del acero, ha mantenido el uso de la piedra en virtud de dos de sus cualidades fundamentales: su resistencia y su durabilidad.



pie dra



propiedades

características

Dureza	Es la resistencia que presentan los materiales al ser rayados. Para medirse se utiliza la escala de Mohs, que es una relación de 10 minerales en cuya escala cada uno raya al anterior: talco, yeso, calcita, fluorita, apatito, ortosa, cuarzo, topacio, corindón y diamante. Los grados de dureza de las piedras dependen de los minerales que la forman.
Densidad	Depende de los minerales que la formen y su grado de porosidad. Pueden oscilar entre los 2.800 kg/m ³ del granitos y pizarras a los 2.400 kg/m ³ de las calizas y areniscas con porosidad.
Aislante	Tanto térmico como acústico. Por ese motivo se ha aplicado a lo largo de la historia en la construcción.
Resistividad eléctrica	Es la oposición que tienen los electrones al moverse a través de un determinado material. Las piedras son malas conductoras de la electricidad. Sin embargo aquellas rocas porosas que en cuyo interior contienen partículas de agua se pueden convertir en buenas conductoras de la electricidad.
Tenacidad	Resistencia que ofrece un material a la rotura, deformación, aplastamiento, curvatura o pulverización. Las piedras presentan una gran tenacidad.
Permeabilidad	Capacidad que tiene un material de permitir que un fluido lo atraviese, esta depende en gran medida de la porosidad y estructura del material. Piedras como la caliza y la arenisca son permeables mientras que las pizarras y los basaltos con prácticamente impermeables.
Resistencia mecánica	Por norma general las piedras presentan una gran fuerza a la rotura.
Durabilidad	Gran durabilidad y conservación al paso del tiempo, principales características.
Sostenibilidad	Los procesos de transformación de las piedras requiere consumos energéticos más reducidos que otros materiales como la cerámica. Una de sus mayores ventajas es su gran versatilidad para ser reutilizada.
Color	Gran variedad. Muchas piedras sufren alteraciones cromáticas al estar expuestas a las inclemencias meteorológicas y a la contaminación.

Edad de la Piedra

Primeras lascas

Los primeros útiles realizados en piedra se descubrieron en Lomekwi 3 (Kenia) en 2011 y tienen 3,3 millones de años. Se trata de una serie de piedras utilizadas para golpear. Se conocen con el nombre de núcleos y fueron usadas para obtener toda una serie de cuchillos de piedra denominados lascas. El uso y la creación de herramientas de piedra como estas favoreció el desarrollo cognitivo de nuestros antepasados.



Los bifaces son hachas de mano talladas por su dos caras. Los primeros bifaces se han localizado en África hace 1.500.000 años. En Europa tenemos estas herramientas desde hace medio millón de años.

Bifaz "Excalibur" (Sierra de Atapuerca, 430.000 años).

Homo habilis

El inicio del género *Homo* lo marca la aparición de restos de homínidos junto a herramientas de piedra. Los restos más antiguos de esta asociación apenas superan los dos millones de años en los yacimientos africanos de Koobi Fora (Kenia) y Olduvai (Tanzania). Tradicionalmente esta asociación de restos humanos y herramientas de piedra ha marcado el inicio del primer periodo de la Edad de

Las hachas y azuelas son las herramientas más características del Neolítico. Para fabricarlas se solieron utilizar rocas de origen metamórfico como la ofita, la fibrolita o la silimanita, por su gran resistencia y tenacidad.

Neolítico

El segundo gran periodo de la Edad de Piedra es el Neolítico, piedra nueva. Se llama así porque la piedra comenzó a trabajarse por abrasión o pulido a diferencia del Paleolítico donde se transformaba mediante percusión y presión. La principal característica de este periodo es que los grupos humanos se convirtieron en agricultores y pastores, proceso que comenzó hace 10.000 años y se extenderá hasta la aparición de la meta-

lurgia en el III milenio antes de nuestra era. El nuevo modo de vida fomentó la sedentarización de los grupos humanos e hizo necesaria la construcción de estructuras constructivas más estables y sólidas, cuyas cimentaciones y muros se levantaban en piedra. La edificación más antigua encontrada es el templo de Göbekli Tepe en el sudeste de Turquía. Levantado entre el 9600 y el 8200 a.C. es una construcción de 90.000 m² en la que se conservan restos de muros, pilares y esculturas.



Integrante de la lista de Patrimonio Mundial desde 1987, el 26 de enero de 2007 la muralla china fue elegida como una de las siete nuevas maravillas del mundo.



La Gran Muralla

La dinastía Ming ordenó levantar la Gran Muralla china en el siglo V a.C., para proteger el imperio de las invasiones mongolas. Esta construcción alcanzó más de 21.000 km. y se estima que se utilizaron 4.000 millones de sillares de caliza y granito, arena y ladrillos de cerámica. Se terminó en el año 1644 d.C., cuando China anexionó Mongolia a su imperio y la muralla dejó de ser necesaria, quedando reflejada la historia de cada emperador y del reino en el tramo levantado durante su mandato.

año 1000 a.C.

Primeras lascas

Los primeros útiles realizados en piedra se descubrieron en Lomekwi 3 (Kenia) en 2011 y tienen 3,3 millones de años. Se trata de una serie de piedras utilizadas para golpear. Se conocen con el nombre de núcleos y fueron usadas para obtener toda una serie de cuchillos de piedra denominados lascas. El uso y la creación de herramientas de piedra como estas favoreció el desarrollo cognitivo de nuestros antepasados.



Los bifaces son hachas de mano talladas por su dos caras. Los primeros bifaces se han localizado en África hace 1.500.000 años. En Europa tenemos estas herramientas desde hace medio millón de años.

Bifaz "Excalibur" (Sierra de Atapuerca, 430.000 años).

Homo habilis

El inicio del género *Homo* lo marca la aparición de restos de homínidos junto a herramientas de piedra. Los restos más antiguos de esta asociación apenas superan los dos millones de años en los yacimientos africanos de Koobi Fora (Kenia) y Olduvai (Tanzania). Tradicionalmente esta asociación de restos humanos y herramientas de piedra ha marcado el inicio del primer periodo de la Edad de

Piedra que conocemos con el nombre de Paleolítico. Los restos encontrados consisten, en su mayoría, en cuarcita tallada para obtener un filo para abrir huesos animales y extraer el tuétano. Las sucesivas especies del género *Homo* ampliaron la variedad de rocas (sílex, obsidiana, areniscas, etc.) para fabricar herramientas más complejas como bifaces y puntas de flecha. El término Paleolítico viene del griego y significa, literalmente, piedra antigua.



La Motilla del Azuer constituye el yacimiento más representativo de la Edad del Bronce en La Mancha (2200-1300 a.C.), donde la piedra tuvo un papel esencial en la construcción de este recinto fortificado.

Pavimento

La evolución de la técnica constructiva llevó a los primeros humanos a experimentar con los derivados de la piedra, como el mortero: mezcla de polvo de roca, cemento, y arena humedecidas para crear bloques de material pétreo. La primera evidencia de su utilización se encuentra en el suelo de una cabaña en Lepenski Vir (Serbia) de más de 5.600 años de antigüedad.

año 500 a.C.

A lo largo del tiempo
Edad Antigua
Edad Media

Edad Antigua

año 300 a.C.

Los mosaicos

El arte del mosaico nació en el s. III a.C. Los artistas griegos formaban dibujos con teselas, pequeñas piezas de mármol troceadas que colocaban sobre un pavimento fresco, creando imágenes. Uno de los mosaicos más relevantes que ha llegado hasta nues-

tros días es el mosaico de Issos, que recrea la carga de Alejandro Magno y su ejército contra los guerreros persas de Darío III. Esta obra del siglo II a.C., mide 2 m por 5 m y se encuentra en la Casa del Fauno, en Pompeya (Italia). Para su realización se emplearon aproximadamente un millón y medio de teselas.



Detalle del mosaico de la Batalla de Issos entre Alejandro Magno y Darío de Persia.

Las calzadas

La Vía Apia, que unía Roma con Brindisi, fue la primera calzada romana, creada en el 312 a.C. por el emperador Apio Claudio. Las calzadas fueron la mayor red de comunicación terrestre de la antigüedad, llegando a alcanzar los 100.000 km pavimentados con Roma como epicentro. Para ello, se utilizaban grava de canteras, arena y piedra, generalmente caliza. Fueron de vital importancia para la comunicación, la expansión militar y el comercio terrestres, pero su excepcional calidad favoreció el avance de las invasiones bárbaras que acabaron con el Imperio Romano de Occidente en el 476.

año 100 a.C.

La Acrópolis

En la Grecia Clásica, del 1200 a.C. al 146 a.C., la piedra fue el material más utilizado en sus edificaciones más emblemáticas, como el complejo urbano de la Acrópolis de Atenas, levantado en el siglo V a.C. Columnas, muros, frisos y artesonados de caliza y mármol se mezclaron con los primeros conglomerados de piedra pequeña y arcillas para crear una de las mayores colecciones monumentales de la antigüedad.



En la construcción de la Acrópolis se utilizó mármol procedente del monte Pentélico. En la actualidad se siguen explotando varias de las canteras para obras de restauración del propio acrópolis.

Los molinos

El molino de mano hunde sus raíces a finales del Neolítico y se utilizaba para moler pequeñas cantidades de grano y convertirlo en sémola o harina. Los griegos mejoraron esa herramienta en el año 250 a.C. creando el molino de agua. La primera mención de su uso aparece en la obra *Pneumatics* de Filón de Bizancio, un ingeniero e inventor griego del siglo III a.C.



Los molinos hidráulicos movían grandes piedras para moler: las denominadas muelas.

Cemento romano

En tiempos del Imperio Romano, la ingeniería fue consciente del potencial de los materiales derivados de las rocas, como el cemento. Descubrieron el cemento de Puzolana, obtenido de la mezcla de cenizas y materiales volcánicos con caliza y arena, lo que le dotaba de una gran resistencia y de la particularidad de fraguar en presencia de agua. Es llamado

así por la localidad italiana de Pozzuoli. La mejora en las resistencias mecánicas y la evolución de las estructuras constructivas fue posible gracias al desarrollo del opus *caementicium*, una mezcla de cemento y guijarros que permitió levantar alguna de las obras más grandes de Roma, como el Panteón de Agripa y su elevada cúpula, la segunda más grande del mundo, levantada en el año 126 y con casi 44 metros de diámetro.



El Coliseo de Roma, en Italia.

Piedras monacales

A lo largo de la Edad Media, entre los siglos V y XV, la piedra fue el material de referencia para los maestros constructores y artistas. Las esculturas, las obras públicas dedicadas al culto, los edificios estatales, las fortificaciones o las infraestructuras de transporte como los puentes,



Iglesia prerrománica de Santa María del Naranco (Asturias).

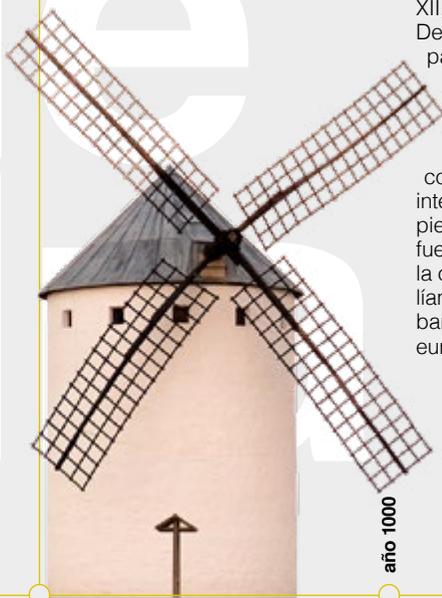
plazas o calzadas se construían en su mayoría con piezas regulares de piedra cortada, llamadas sillares. Bajo el arte románico, que surgió en el siglo X y perduró hasta el XIII, se alumbraron grandes obras como las construcciones de San Juan de Baños, San Martín de Frómista o Santa María del Naranco.

El gótico

La arquitectura gótica, desarrollada entre los siglos XII y XV en Europa, se caracterizó por el crecimiento en altura de sus construcciones y la búsqueda de elementos sustentantes que permitieran aligerar progresivamente el tamaño de los muros y dejar paso a grandes cristalerías en su búsqueda de la luz. El arco apuntado u ojival, su unión en bóvedas de crucería y la utilización de contrafuertes y arbotantes como elementos sustentantes complementarios a columnas y pilares fueron los principales avances de la arquitectura medieval. A estos avances debemos, por ejemplo, las catedrales de Notre Dame de París, la de Santiago de Compostela y la de Santa María de Burgos.



La primera piedra de la catedral gótica de Burgos se puso el 20 de julio de 1221. Construida principalmente por roca caliza de Hontoria sus agujas alcanzan los ochenta metros de altura.



Viento y piedras

El molino de viento llegó a Francia e Inglaterra en el s. XII, procedente de Asia Menor. Desde esos puntos se expandió a todo el continente europeo y fueron uno de los elementos clave en el paisaje y desarrollo de la época feudal. Eran edificios con grandes aspas que en su interior poseían dos grandes piedras, una accionada por la fuerza eólica de la estructura y la otra fija, con las que se molían los cereales que alimentaban al grueso de la población europea.

Salinas

Las zonas de secado marítimas y la explotación de las minas de sal de roca durante la Edad Media permitieron abastecer a la sociedad feudal de este conservante natural. En 1280, en la ciudad polaca de Wieliczka, se abrieron las minas de sal, que siguen siendo explotadas hoy día. Son las minas de sal más antiguas en actividad de Europa, con 9 niveles subterráneos que alcanzan hasta los 327 metros de profundidad, con galerías y pozos de 350 km de longitud. En ellos se encuentran altares y esculturas en sal, así como grandes espacios como la iglesia de Santa Kinga, de más de 1.000 m² y casi 20 m de altura.



Piedras preciosas

Las técnicas de tallado de piedras preciosas alcanzaron el culmen técnico en el siglo XV, cuando la tecnología disponible permitió la talla de todas las rocas, incluso diamantes. Hasta entonces, este mineral se utilizaba como diamante bruto. Las élites feudales mostraban su poder y estatus decorando su ropa, libros, armas y armaduras con piedras preciosas. Por su escasez, procedencia y belleza, eran consideradas portadoras de poderes sobrenaturales. Las esmeraldas eran traídas de Egipto, las turquesas de Persia y el Tíbet, las amatistas de Rusia y Alemania y los diamantes de La India. El azabache y las perlas venían de las Islas Británicas y el ámbar de las costas del mar Báltico.

Edad Moderna



El mármol

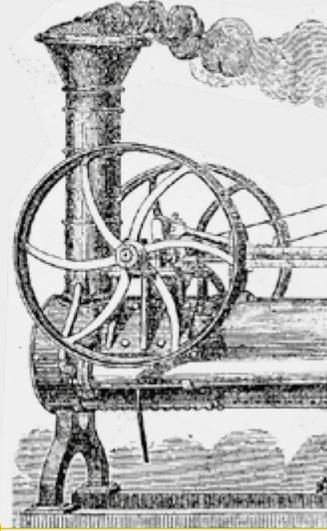
La Edad Moderna (1492-1789) arrancó con el Renacimiento un periodo que se caracterizó por el cambio filosófico y cultural que situó al ser humano como centro del universo. La nueva visión del mundo influenció el mundo artístico en todas sus disciplinas. En la escultura el mármol fue la roca preferida para tallar a un nivel de realismo

El Rapto de las Sabinas es una escultura realizada en mármol, obra de Juan de Bolonia. El mármol es una roca metamórfica formada a partir de rocas calizas que, sometidas a elevadas temperaturas y presiones, alcanzan un alto grado de cristalización. El componente básico del mármol es el carbonato cálcico, cuyo contenido supera el 90%.

año 1600

El carbón

La Primera Revolución Industrial tuvo como principal fuente de energía el carbón. La fabricación de la primera máquina de vapor por James Watt en 1768 fue el pistoletazo de salida para el crecimiento fabril. Este combustible se hizo indispensable como recurso energético de las factorías, pero también para el transporte, sobre todo del ferrocarril y el barco. El carbón fue además la materia prima del gas de hulla, un combustible obtenido de la destilación seca al vacío del carbón de piedra que sirvió para abastecer los sistemas de alumbrado público de la época.



año 1800

El petróleo

La siguiente gran revolución energética que marcó a la humanidad hasta nuestros días fue la utilización de una roca sedimentaria líquida: el petróleo. Aunque se conocía desde la antigüedad y había sido utilizada como aglutinante, combustible e incluso para pegar ladrillos, fue en 1859 cuando surgió el valor comercial del mismo. Ese año, Edwin L. Drake utilizó un sistema de extracción de salmuera en Oil Creek, Pensilvania, para extraer petróleo y gas, normalmente considerados desechos de la extracción salina. Es considerada la primera extracción con fines de explotación pura de petróleo de la historia. El hallazgo supuso la atracción de inversores y, en poco tiempo, sus derivados, como el refinado de queroseno, descubierto

en 1847 por Abraham Pineo Gesner, coparon la industria energética contemporánea.



Ghawar, en Arabia Saudí, es el campo petrolero más grande del mundo. Mide 280 km por 30 km y en la actualidad es explotado por la compañía estatal Saudi Aramco.



Cemento portland

El crecimiento industrial impulsó el desarrollo tecnológico y la investigación, dando lugar a numerosos descubrimientos en el campo de la construcción. Uno de los más emblemáticos fue el sistema de fabricación de cemento, obra de Louis Vicat, que, en 1818, creó el primer ejemplo de los cementos artificiales actuales. En

1824, Joseph Aspdin mezcló diferentes arcillas y calizas y alcanzó la mezcla perfecta del Cemento Portland, un árido que se sigue utilizando hoy en día. El título de la patente era una innovación en el modo de producir piedra artificial, y fue bautizada como Cemento Portland por su color, semejante al de la caliza envejecida de la isla británica del mismo nombre.

Edad Contemporánea

año 1900

Carreteras

En Detroit se pavimentó la primera carretera de la historia, en el año 1909. La pujante industria automovilística de la ciudad del motor, donde Henry Ford instaló su compañía seis años antes, demandaba un mejor estado de las calles. La solución ideada fue pavimentar con cemento un tramo de 1,6 km de la Avenida Woodward, actualmente la principal vía de la urbe. La inversión ascendió a 13.500 dólares de la época, equivalentes a 285.000 de nuestros días.

Los fosfatos

La producción agrícola mundial depende de una sal de gran importancia: los fosfatos. Se trata de una familia de rocas sedimentarias de sales de fósforo, cuya función principal es la de servir de abono mineral de los cultivos. En la actualidad, el 75% de los fosfatos de gran calidad que quedan en el mundo están en territorio marroquí. En 1972, la empresa española Fosfatos de Bucraa S.A. comenzó a explotar los yacimientos de fosfatos de la localidad del mismo nombre. Hasta 1975, la empresa produjo 5.715 millones de toneladas de fertilizante de gran calidad. Al abandonar la colonia, Marruecos absorbió la empresa a través de la *Office cherifien de Phosphates*.



Obras públicas

El desarrollo de la construcción y la utilización de la piedra y sus derivados ha llevado al ser humano a poder alterar la naturaleza a niveles impensables. Canales como el de Suez, construido en 1869 y que une las aguas del Mediterráneo y el Mar Rojo, o el de Panamá, finalizado en 1914 para crear una vía entre el Océano Pacífico

año 2000

y el Mar Caribe, han logrado imponer la tecnología constructiva sobre la naturaleza. La presa de las Tres Gargantas, construida desde 1995 a 2001, es otra de estas grandes megaestructuras. Esta planta hidroeléctrica china situada en el río Yangtsé es la más grande del mundo. Mide 2,3 km de ancho y 185 m de altura, con un grosor de 115 m en la base y para su construcción se emplearon 27,2 millones de m³.

La presa de las Tres Gargantas (China) es una planta hidroeléctrica situada en el curso del río Yangtsé. Es la planta hidroeléctrica más grande del mundo en extensión y la segunda mayor en producción de energía.

Hormigón armado

En 1854, la combinación del acero con el hormigón, mezcla de cemento, arena, agua y un agregado árido dio lugar al hormigón armado. Fue obra de William Wilkinson, un constructor que patentó un sistema que incluía armaduras de hierro recubiertas de cemento encofrado para la mejora de la

edificación de viviendas. Este versátil y resistente producto fue capaz de cumplir los sueños de altura de los arquitectos contemporáneos. El primer rascacielos según los estándares modernos fue el Park Row Building de Nueva York, de 119 metros de altura distribuidos en 30 pisos y levantado en 1899. El primero en Europa fue el Witte Huis, de Róterdam.



Park Row Building tiene una superficie de aproximadamente 1.400 m². El edificio contiene unas 8 000 toneladas de acero y 12.000 toneladas de otros materiales, principalmente ladrillo y terracota.

Islas artificiales



Con la llegada del siglo XXI, el ser humano inició la construcción civil más grande de la historia: las Islas Palm. Este archipiélago artificial se empezó a edificar en 2001 en la costa de Dubái (Emiratos Árabes). Formado por islas artificiales y rompeolas para protegerlas, ha utilizado 100 millones de metros cúbicos de arena del Golfo Pérsico y más de 7 millones de toneladas de roca. En 2006 se terminó la primera de las islas, conocida como la Palma de Jumeirah, con un litoral de 78 km de costa.

Canteras

Hoy en día, la extracción de piedra sigue siendo uno de los sectores que más capital mueven. En 2014, la extracción a nivel mundial alcanzó los 103,5 millones de metros cúbicos con un valor de casi 23 billones de euros. A nivel mundial, el líder de producción es China, situándose España en séptimo lugar con un 3,6% de la producción global. En exportación, España es la sexta del mundo, con un 4,4% de los envíos mundiales.



“El hoy y el ayer
son las piedras
con que construimos”

Henry Wadsworth Longfellow

Poeta estadounidense

y primer traductor de la *Divina Comedia*.

1

Composición, características y tipos

La palabra piedra es de origen griego, *petra*, y designa al material sólido formado por cristales o granos de uno o varios minerales. En geología se utiliza el concepto roca para denominar a este material.

Según su composición, pueden ser rocas monominerálicas, formadas por cristales de un solo mineral o poliminerálicas. Se suelen caracterizar por su dureza, pero también pueden ser blandas, las rocas arcillosas o arenosas o incluso líquidas, como el petróleo.

Se clasifican en tres grandes grupos según su formación:

- Rocas ígneas:

Formadas por la consolidación de materiales fundidos, magmas, cuyo origen es el manto superior o las profundidades de la corteza terrestre. Reciben también el nombre de rocas magmáticas. Si el enfriamiento del magma es lento, en el interior de la corteza terrestre, se forman rocas de cristales gruesos, visibles, y reciben el nombre de intrusivas o plutónicas. Si es rápido, en superficie, los cristales que las forman son más finos, no se pueden ver a simple vista, y se conocen como extrusivas o volcánicas. Son rocas ígneas el granito, la sienita, la diorita, la obsidiana y el basalto.

- Rocas sedimentarias:

Formadas por la acumulación, depósito y consolidación de sedimentos de rocas y minerales anteriores. Son de grano muy variado y su estructura está formada por granos de rocas cementadas, acumulación de restos orgánicos y por precipitados químicos o evaporados. Las rocas sedimentarias más conocidas son los conglomerados, las calizas, las dolomías y areniscas.

- Rocas metamórficas:

Son aquellas pertenecientes a los dos anteriores grupos pero que han sido afectadas por procesos de transformación, bajo condiciones de cambios de presión o temperatura diferentes a aquellas que las originaron. Las expuestas a baja intensidad metamórfica condujeron a la formación de rocas de grano muy fino y los procesos metamórficos intensos dieron lugar a rocas de grano más grueso. Tipos de rocas metamórficas: mármoles, gneises, cuarcita, serpentina y pizarra.

TIPOS DE ROCAS

Rocas ígneas



Rocas sedimentarias



Rocas metamórficas



2 Construcción y arquitectura

La piedra ha tenido un uso eminentemente constructivo a lo largo de la andadura humana en el planeta. Es el material perfecto para ello por sus características físicas, que permiten soportar la carga arquitectónica de las diversas construcciones humanas, acordes a sus necesidades.

A pesar de su resistencia, las piedras han sido ampliamente transformadas en forma de bloques, sillares y elementos de mucho menor tamaño como gravas, cantos y cementos. La mayoría de las construcciones que han perdurado en la historia humana, desde puentes, murallas y castillos a ayuntamientos, catedrales, palacios o casas familiares -aún presentes en el ámbito rural-, han contado con la piedra como material principal.

Como material constructivo, la piedra constituye y articula espacios a través de diferentes elementos técnicos de los que puede formar parte: muros, pilares, contrafuertes, dinteles, arcos o cubiertas. A lo largo del devenir histórico, la piedra fue usada también para decorar los edificios más importantes y manifestar la grandeza de las sociedades a través de sus construcciones públicas. Los relieves artesanales y las diversas esculturas han potenciado la belleza de las edificaciones aportando belleza estética.

Hoy en día, aunque ha cambiado el paisaje constructivo de las ciudades hacia otros materiales como los ladrillos o la combinación de metal y vidrio, los edificios siguen contando con la piedra y sus derivados para su levantamiento. Hormigones y cementos siguen estando presentes, además de las innovadoras técnicas constructivas que utilizan materiales pétreos para crear fachadas de mayor eficiencia térmica o simplemente como mejora estética.

pie
dra



La piedra es un material que aguanta muy bien el paso del tiempo. Es por ello que desde la prehistoria los monumentos en roca han sido símbolo de identidad de un grupo social. Esta reflexión evidencia que, históricamente, la destrucción o apropiación de construcciones emblemáticas tras la ocupación de un espacio esconde la idea de perpetuidad y unión. Las construcciones son por tanto símbolos de poder.

Además, las edificaciones comprenden valores y lenguajes formales utilizados en cada época para expresar ideas, creando estilos y tendencias. Si a estas características se le añade una valoración armónica, la construcción se define como obra arquitectónica. La arquitectura es la disciplina artística que proyecta y construye edificios o espacios para el uso de la sociedad acompañada de una búsqueda estética.

En Castilla y León, cada conjunto histórico-artístico se asocia a un material constructivo y de ornamentación, es decir, a una piedra natural que le dota de una identidad propia asociada a un territorio: la Catedral de Burgos con la piedra de Hontoria de la Cantera; la ciudad de Salamanca con la arenisca de Villamayor; la ciudad antigua y el Acueducto de Segovia con la piedra de El Parral; las murallas y los monumentos de Ávila con el granito de Cardeñosa, Mingorría y el Caleño; la Catedral de León con la piedra de Boñar. Así como la arquitectura popular de ciertas comarcas leonesas con la pizarra, el románico palentino del norte de Palencia y Burgos con las areniscas y calizas.

Taj Mahal

o Colonia de los Palacios es un monumento funerario construido entre 1631 y 1654 en la ciudad de Agra (India), por el emperador musulmán Shah Jahan de la dinastía mogol.

El conjunto amurallado ocupa 17 hectáreas entre sus edificaciones, jardines y paseos, destacando la gran cúpula de mármol blanco del edificio principal.



25 toneladas

Stonehenge es un monumento megalítico tipo crómlech situado cerca de Amesbury (Reino Unido). Fue construido y utilizado en diferentes fases entre el 3.100 y el 2.000 a.C. Se ha calculado que alguno de estos grandes bloques de arenisca puede alcanzar las 25 toneladas.

3 Cemento y hormigón. Definiciones y evolución



El cemento es un conglomerante hidráulico de piedra molida. Mezclado con agua, forma una masa que endurece al secarse, conservando su resistencia y estabilidad incluso debajo del agua. En construcción, es utilizado habitualmente para adherir otros materiales entre sí, como sillares de piedra o ladrillos.

La correcta mezcla de cemento con agua y áridos produce el hormigón o mortero, con unos niveles de resistencia y estabilidad mayores. Este es un material constructivo per sé, normalmente encofrado para conseguir que fragüe acorde a la forma deseada. Su durabilidad permite estructuras de más de un siglo de vida útil. Hay cientos de tipos de hormigón diferentes, adaptados a las necesidades de cada construcción, incluso translúcidos o fotoluminiscentes.

El hormigón es el segundo material más consumido a nivel mundial después del agua, 100 % reciclable y el elemento constructivo más resistente al fuego.

6000 a.C.

Se crea un nuevo material mezclando piedra molida con agua, arena y grava, permitiendo su moldeo para obtener la forma adecuada antes de su posterior secado. Este material fue el origen del hormigón.

5600 a.C.

Aparece la construcción más antigua con hormigón, el suelo de una cabaña triangular en el poblado neolítico de Lepenski Vir (Serbia), con más de un centenar de casas con suelo de adoquines de piedra.

1950 a.C.

Aunque aún no hay certeza de que las grandes obras de la civilización egipcia utilizaran cemento en las pinturas murales de la tumba de Rekmire, en Tebas, aparecen representaciones de obreros transportando y aplicando cemento a ladrillos.

450 a.C.

Los constructores grecorromanos descubren una mezcla de caliza molida, arena, agua y materiales volcánicos que producían un mortero de gran fuerza y capaz de fraguar en agua.

75 a.C.

Se construye el anfiteatro de Pompeya, en el que se han hallado anillos de hormigón y otras aplicaciones cementicias en su estructura.

1220



Se inicia la obra de la Catedral de Salisbury sobre una cimentación de hormigón capaz de sustentar su estructura y su torre de 70 metros de altura.

pie
dra

3 Cemento y hormigón: definiciones y evolución

1759

El ingeniero británico John Smeaton desarrolla un nuevo mortero para levantar el faro de Eddystone.

1796

El empresario inglés J. Parker patenta el 'cemento romano', una mezcla con cal hidráulica obtenida de la isla de Sheppy.

1818

El francés Louis Vicat crea el primero de los cementos artificiales actuales.

1824

Un albañil británico, Joseph Aspdin, crea el cemento Portland tras años de experimentación basándose en el material que había obtenido un religioso de su zona al quemar accidentalmente piedra caliza con carbón mineral.

1838

El ingeniero británico, K. Brunel construye un túnel bajo el río Támesis con cemento Portland.

1844

Isaac C. Johnson, trabajador de una empresa de cementos, obtiene el Clinker, la base cristalizada del cemento artificial moderno.

1867

Joseph Monier patenta un sistema de que combina el hormigón con mallas de alambre, creando el primer hormigón armado.



1890

François Hennebique mejora el sistema de hormigón armado con forjados tubulares de hormigón reforzados con varas de hierro.

1893

El ingeniero militar español Francesc Macià i Llussà adquiere los derechos de explotación de Monier y construye el depósito de Puigverd (Lleida). Es considerada la primera construcción en hormigón armado de la historia de España.



1931

Se construye el Cristo Redentor de Río de Janeiro. Esta escultura de 1.145 toneladas está hecha de hormigón armado y cubierta con teselas triangulares de esteatita. Mide 30 m y está situada sobre un pedestal de 8 m.

1932

Se formula la primera norma DIN 1045 sobre diseño de estructuras de hormigón armado, dirigido por Emil Mörsch. La liberalización de las patentes de hormigón era necesaria para que cada país pudiera desarrollar su programa constructivo.

pie
dra

4 Arte y estética

El arte de modelar la piedra eliminando parte de material para darle la forma deseada se conoce como escultura. En el Paleolítico superior encontramos representaciones femeninas comúnmente asociadas a la fertilidad, denominadas venus. Estas figuras se caracterizan por presentar una representación exagerada de órganos asociados a la reproducción. Este fenómeno se denomina esteatopigia y se caracteriza por esculpir caderas y senos muy voluminosos y prácticamente esféricos. La venus más conocida es la de Willendorf (Austria) realizada en caliza y con una antigüedad de unos 24.000 años.

La piedra ha sido el soporte de las creencias a través de la escultura, aunque según ha ido avanzando la técnica y las sociedades, se han plasmado ideas, sentimientos o conceptos más elevados. La cultura del Antiguo Egipto consideraba la vida más allá de la muerte una realidad. Para que los faraones, que eran considerados reyes y dioses, vivieran eternamente necesitaban una representación física para que su alma siguiese en este mundo, que se realizaba en piedra. El tamaño de las esculturas estaba relacionado con el poder y la obra de ese faraón.

Los emperadores romanos continuaron con este pensamiento, sobre todo a partir del emperador Augusto. Sus esculturas lo representaban como la imagen del máximo poder militar y religioso, idea que perdurará con el origen del cristianismo y las representaciones de Jesucristo durante el románico y el gótico.

Con la llegada del Renacimiento, el cambio filosófico y social retomó los ideales de belleza estéticos de la antigüedad, combinándolos con la técnica depurada de los

primeros artistas capaces de trascender con su obra más allá de la mera representación de la naturaleza. Las esculturas de los grandes maestros renacentistas llevaron esa disciplina a cotas de realismo y belleza inimaginables. El uso del mármol de grano fino permitió manierismos como el de la estatua de San Bartolomé Desollado de Marco D'Agate, en la que el apóstol aparece despellejado, pudiéndose observar sus músculos y venas con marcado realismo.

Han existido piedras que, por su belleza o escasez, han sido dotadas de simbolismo social, espiritual o económico. Piedras preciosas y joyas han decorado esculturas, altares y cuerpos humanos miles de años atrás, como los lapislázulis de Egipto, de más de 5.000 años o las joyas aztecas de turquesa, con 4.000 años.

Hasta el siglo XIX, la producción mundial de diamantes era de unos pocos kilos al año, lo que los convertía en una de las piedras preciosas más escasas. Con el descubrimiento de grandes minas de diamante en el sur de África en la década de los 70, se comenzaron a extraer por toneladas. El exceso de producción y la falta de demanda provocó que los inversores británicos crearan el cartel De Beers, que hoy día sigue controlando la producción y el abastecimiento mundial de diamantes. En 1947, el cartel De Beers creó la campaña publicitaria que asoció los diamantes con el amor y el matrimonio bajo el eslogan un diamante es para siempre (A Diamond is Forever).



Lapislázuli

del latín *lapis*, piedra, y del árabe clásico *lázaward*, rizo de rey, es una gema preciosa muy apreciada durante la Antigüedad. Esta compuesta de lazurita (aluminosilicato de calcio y sodio), calcita y pirlita y fue considerada como la piedra de los dioses por los sumerios y los egipcios.

Escarabajo alado de Tutankamón

(1.334 a.C. - 1.325 a.C.)
Localizado en la tumba de Tutankamón en el Valle der los Reyes KV62(1).
La joya esta formada por oro, lapislázuli, cornalina, turquesa y feldespatio principalmente.

5 El transporte y la comunicación

El ser humano ha buscado desde sus orígenes conquistar el territorio, ocupándolo y transformándolo. Hace 10.000 años, los grupos humanos comenzaron a buscar espacios óptimos para permanecer en ellos de manera estable, en los que desarrollaban construcciones y defensas diseñadas para perdurar en el tiempo en ese mismo lugar, así como empezaron a crear rutas para unir dichos núcleos de población.

Los caminos fueron jerarquizándose según su uso. En ellos se fue desarrollando obra pública y señalización para su mejor aprovechamiento para la comunicación y el comercio, creando calzadas, cañadas y carreteras. El material elegido para soportar este trasiego fue la piedra, por su solidez y resistencia, en sus diferentes formatos: áridos de diverso tamaño, cementos o brea.

La piedra sigue siendo el material de comunicación terrestre por antonomasia. El nivel de vida actual, la mecanización de las tareas agrarias, la evolución imparable de la industria, así como el desarrollo de las actividades terciarias han hecho que las mejoras en la comunicación física sean indispensables. Las carreteras son básicas para el sistema comercial y económico actual por ser el medio de menor coste a largo plazo gracias, una vez más, a la perdurabilidad de la piedra.

Además de vertebrar el espacio a través de carreteras y caminos, la piedra forma parte de cada obra que ha servido para superar las dificultades que los accidentes geográficos suponen para la comunicación terrestre. Ríos, valles, montañas y otros accidentes geográficos han sido superados gracias a puentes, viaductos o túneles basados principalmente en construcciones de hormigón.



La conquista del medio marítimo o el espacio aéreo han sido posibles gracias al uso de la piedra y los derivados. El hormigón armado forma parte de estas estructuras, que soportan el paso de numerosas naves y pasajeros diariamente con la garantía de la resistencia de este material.

A nivel local, la red urbana también está formada por piedra. Los edificios y calles conforman una estructura espacial con una morfología concreta en la cual la disposición de las vías de comunicación acomoda la organización de la ciudad. Un ejemplo de esto es que la relación entre la disposición de avenidas y el crecimiento de una ciudad no son variables inconexas. Este planteamiento responde a la ordenación del espacio a largo plazo y su disposición suele estar sujeta a solucionar necesidades espaciales futuras.

Ruta Panamericana
Es un sistema de carreteras de más de 48.000 km que une todo el lado occidental del continente Americano desde Alaska hasta Ushuaia en Tierra del Fuego.



160 km

El puente de hormigón de Dnyang-Kunshan, que une las ciudades chinas de Qingdao y Huangdao, es el más largo del mundo y tiene 160 km y se sustenta sobre 5.200 pilares.

pie
dra

6 Energía y minería

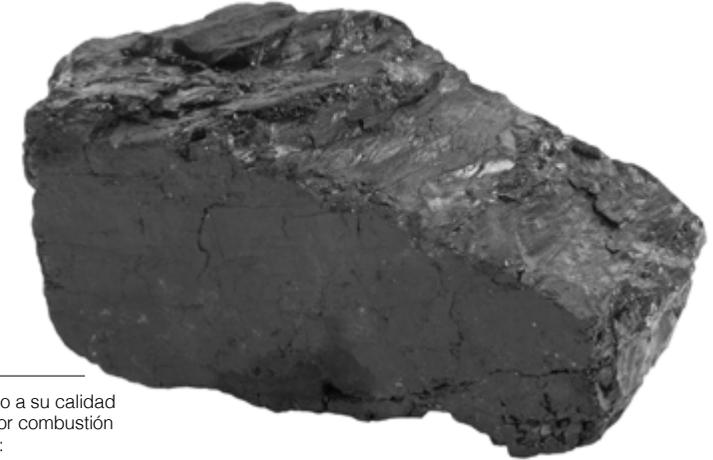
La Tierra se originó hace 4.543 millones de años en el Sistema Solar. Desde entonces, ha experimentado sucesivas fases de composición litológica que han dado lugar a los diferentes tipos de rocas y minerales que conforman el globo. Los procesos de formación de esta piedra han sido tan lentos en tiempo geológico que no son recursos renovables, aunque sí 100% reciclables.

Entre estos materiales pétreos y no renovables encontramos rocas con poder energético. El auge del consumo del carbón en la Primera Revolución Industrial supuso un cambio en la explotación de este tipo de materiales, que siempre habían sido utilizados, pero a niveles domésticos o en pequeños hornos de artesano. Los yacimientos de carbón mineral son consecuencia del enterramiento de restos orgánicos vegetales en depresiones pantanosas. Con el paso del tiempo estos depósitos experimentaron procesos de cambio de presión y temperatura que transformaron estos materiales orgánicos en este tipo de rocas. Su extracción es posible a través de minería subterránea o a cielo abierto.

El petróleo, etimológicamente del griego 'aceite de piedra', es otra roca usada en la industria como combustible por el poder calorífico de sus refinados. En 2015 supuso el 31,5% del consumo energético mundial. Se formó en cuencas sedimentarias marinas con muy poco oxígeno, donde se acumuló gran cantidad de materia orgánica y se fue convirtiendo en una roca viscosa. Su extracción implica perforación de la corteza terrestre. El transporte de petróleo es el mayor exponente de tráfico internacional, ya que los productores se localizan en puntos muy concretos y su consumo es global.

Existen también rocas de alto poder energético per se, sin necesidad de ser sometidas a combustión. Es el caso de las

pie
dra



TIPOS DE CARBÓN

Existen cuatro tipos de carbón atendiendo a su calidad y compactación, de mayor calidad y mejor combustión cuanto mayor sea su riqueza en carbono:

Turba

Riqueza en carbono entre el 45 y el 60%.

Lignito

Riqueza en carbono entre el 60 y el 75%.

Hulla

Riqueza en carbono entre el 75 y el 90%.

Antracita

Riqueza en carbono entre el 90 y el 95%.

rocas radioactivas. Aunque algunas son desconocidas fuera de sus industrias, como la pechblenda o la monacita, también hay rocas de uso convencional, como el granito o el mármol, que en ocasiones presentan niveles radioactivos superiores a lo normal. Esto es debido a la presencia de impurezas minerales de uranio y torio en su composición.

Aunque no son energéticos propiamente dichos, existen recursos líticos y minerales que se utilizan para el desarrollo de otras industrias, como los fosfatos, el azufre, el yeso, la sal o las piedras preciosas. Sus funciones son indispensables para la sociedad y tienen cientos de aplicaciones: agrarias, constructivas, alimentarias, tecnológicas, médicas, etc. La sociedad actual requiere de un suministro constante de estos recursos y es por ello que su demanda obliga a una constante búsqueda y explotación de yacimientos. En cuanto al tamaño de estos yacimientos podemos denominarlos vetas, si son de pequeño tamaño, o filones cuando su desarrollo es mayor.

1.000.000
barriles

En el año 2018, Arabia Saudí fue el principal país productor de petróleo, con más de un millón de barriles diarios, seguido de Iraq, Irán, Emiratos Árabes Unidos, Kuwait y Venezuela.

7 Las herramientas de piedra y su uso

El primer material del que tenemos constancia de su transformación a manos de la especie humana es la piedra. Los diferentes homínidos de nuestro linaje evolutivo usaron cuarcitas, obsidias y sílex, conocido popularmente como pedernal, para la producción de las primeras herramientas.

Con el paso del tiempo el sílex fue monopolizando la producción de herramientas de piedra por su cantidad y variedad a lo largo de todo el planeta. Entre sus características hay que destacar su dureza (7 en la escala de Mohs), su adecuado grado de cristalización y su fractura concoidea. Este tipo de fractura hace que al golpear una roca las hondas se propaguen uniformemente a lo largo de toda su superficie lo que te permite controlar su fractura a la hora de producir filos cortantes. Lascas, choppers, bifaces, raederas, raspadores, buriles y puntas fueron algunas de las herramientas que se construyeron en piedra durante el primer estado de la humanidad que conocemos como Paleolítico.

El proceso de transformación en agricultores y pastores producido durante el Neolítico modificó el modo de vida de las primeras sociedades paleolíticas, lo que conllevó una evolución en las técnicas de trabajo de la piedra. Se comenzó a trabajar las rocas mediante el pulimento. Con esta nueva técnica se produjo un nuevo utillaje más resistente caracterizado por hachas, azuelas y azadas cuya finalidad era el trabajo de los campos y de la madera.

Para fabricar estas nuevas herramientas se utilizaron principalmente rocas metamórficas como ofitas, fibrolitas o silimanitas. No obstante, la tecnología de talla no se dejó de usar, sino que adaptó su corte para ser aprovechado en labores relacionadas con la agricultura, como la fabricación de hoces.



molino

Las muelas o piedras de molino son dos, la solera y la corredera o voladera. Esta última se sitúa en posición superior y es la piedra móvil a la que el rodezo imprime su movimiento rotatorio.

Una de las herramientas de piedra más importantes de la historia son los molinos, utilizados para pulverizar los cereales y crear derivados como la harina. Con el tiempo y el aumento de tecnología esta actividad alcanzó un alto grado de especialización y la producción exigió rendimientos mayores. Por esta razón, el ser humano buscó aprovechar fuerzas naturales superiores a la manual, como la tracción animal, el agua o el aire. Este proceso productivo llegó hasta mediados del siglo XX igual que otros como el trillado, cuya función es separar el grano de la paja del cereal, basadas en estas técnicas prehistóricas.

Con la llegada de la fundición del hierro la piedra adquirió un nuevo valor, el de piedra de afilar, que también ha llegado a nuestros días. A su vez, la función de pedernal para conseguir fuego no ha caído en desuso y es básica en muchas partes del mundo rural.

Obsidiana

Esta roca volcánica fue utilizada por aztecas y mayas para elaborar sus cuchillos ceremoniales. Los cuchillos de obsidiana se han utilizado en operaciones quirúrgicas hasta tiempos recientes porque su filo es hasta cinco veces más delgado que el de los escalpelos de acero.



pie dra

Bibliografía

Coste, P., Cornu, C., Larcena, D., Sette, R. (2017). *La Piedra Seca*. La Fertilidad de la Tierra Ediciones, Navarra. 162 p.

Campbell, D. (2011). *Stone in Traditional Architecture*. Schiffer Publishing Ltd. Chester County, Pennsylvania. 216 p.

Mas, X., Guasch, N., Osete, L., Kröner, S. (2010). *Identificación y Caracterización de Materiales Pétreos en Patrimonio Histórico*. Universidad Politécnica Valencia. Valencia. 144 p.

Kroner, S., Más, X. Oeste, L. Huasca, N. (2011): *Identificación y caracterización de materiales pétreos en patrimonio histórico-artístico*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. 139 p.

Vicente, T. (2008). *Arquitectura Civil. Monte y Cantería (facsimilar)*. Editorial Maxtor. Valladolid. 252 p.

García de los Ríos, J.I., Báez, J.M., (1994). *La Piedra en Castilla y León*. Valladolid. Junta de Castilla y León. 323 p.

Boucheron, P., Broise, H., Thébert, Y. (Eds.) (2000). *La Brique Antique et Médiévale. Production et commercialisation d'un matériau*. Ecole Française de Roma. Roma. 486 p.

Rabasa, E. (2000). *Forma y Construcción en Piedra. De la Cantería Medieval a la Estereotomía del Siglo XIX*. Akal Ediciones. Madrid. 376 p.

Hugues, T., Ludwig Steiger, L., Weber, J. (2008). *Piedra Natural*. Editorial Gustavo. Barcelona. 136 p.

García, M.A., Cañaveras J.C., (Eds.) (2005). *Utilización de Rocas y Minerales Industriales*. Seminarios de la Sociedad Española de Mineralogía. Universidad de Alicante. Alicante. 305 p.

Sakarovitch, J. (Coord.) (2009). *El arte de la piedra. Teoría y práctica de la cantería*. CEU Ediciones. Madrid. 320 p.

Recursos audiovisuales



Materiales. Una historia sobre la evolución humana y los avances tecnológicos

Piedra
UBU



The history of man & stone
Great Lakes granite & marble



Coliseo Romano
National Geographic Channel

me
ta
les

metales



Los metales son materiales que se obtienen a partir de la transformación de los minerales. En muchos casos los minerales se encuentran aglutinados formando unidades superiores que conocemos con el nombre de rocas. Los pueblos griegos los bautizaron como metallon, que significaba el producto extraído de una mina. A lo largo de nuestra historia los humanos hemos tenido que aprender las técnicas de extracción, fundido y transformación para poder, en primer lugar, separar los metales del resto de elementos que conforman los minerales y rocas y, en segundo lugar, trabajar estos metales para obtener herramientas, armas, joyas, etc. Para utilizar el metal hemos desarrollado una disciplina -la metalurgia- y unas técnicas propias para su obtención y fundición. Su desarrollo ha permitido crear nuevos metales a partir de la aleación de varios de ellos como el caso del acero, cuya producción y desarrollo ha marcado el devenir de la Edad Contemporánea.

Solo unos pocos metales aparecen en estado puro en la naturaleza, los llamados metales nobles, escasos y de alto valor a lo largo de la historia. Nuestros antepasados paleolíticos comenzaron utilizando el óxido de hierro para la elaboración de pigmentos. Desde finales del Neolítico tenemos evidencias del trabajo del "cobre nativo" así como del oro y la plata. Todos ellos se encontraban en la naturaleza en estado casi puro y se moldeaban manualmente aprovechando su maleabilidad. El desarrollo de los procesos de fundición dio origen al último periodo de la Prehistoria, que conocemos con el nombre de la Edad de los Metales. Este periodo se subdivide en tres subetapas que llevan por nombre: el del primer metal trabajado -el cobre-; la primera aleación realizada de cobre y estaño -el bronce-; y el de mayor éxito temporal y aplicación - el hierro-.

Desde entonces, la historia de la humanidad ha estado unida estrechamente a la evolución del uso de los metales y ha tenido un lugar esencial en muchos de nuestros grandes avan-

ces técnicos y tecnológicos. En la Antigüedad formaron parte de los arados, fueron soporte (tablillas de bronce y plomo) y herramienta para escribir (cinceles, buriles y estilos); se utilizaron para fabricar esculturas con la técnica de la cera perdida y revolucionaron el mundo del transporte ecuestre con sus bocados y espuelas. Durante el medievo y la modernidad, además de su uso generalizado en armas y herramientas, se utilizaron para fabricar trompetas, sacabuches o campanas.

Por su parte, el hierro primero y el acero después protagonizaron las diferentes revoluciones industriales que caracterizaron el progreso de la contemporaneidad. En este contexto, los metales contribuyeron a desarrollar los sistemas de producción de energía eléctrica y la gran revolución de los transportes y las comunicaciones. Y, asimismo, fueron la esencia de la urbanización y la construcción de las ciudades, desarrollando el fenómeno urbano y contribuyendo al creciente proceso de la industrialización. Fábricas, edificios, puentes, vehículos, máquinas, estructuras; paisajes urbanos al completo que en su esencia han sido construidos en los últimos siglos sobre la base de los metales. Es más, componentes como el aluminio, el cobre o las aleaciones ferrosas son de hecho partes invisibles de estas estructuras urbanas, sustentando elementos constructivos, cables, circuitos piezas y armazones, muchos de ellos invisibles, pero que verdaderamente conforman el esqueleto interno de nuestras ciudades.

Hoy en día, pese a tal evolución, los metales no han perdido sus funciones originarias y, además de en todos estos usos urbanos, se siguen utilizando para fabricar joyas, para producir herramientas o como simples elementos monetarios o de intercambio. Se trata sin duda de materiales clave en nuestra existencia y nuestra evolución; son una parte de nuestra vida cotidiana que se ha asentado en nuestra sociedad y su estudio y aplicación sigue marcando nuestra evolución tecnológica en el día a día.



metales



propiedades

características

Estado	A temperatura ambiente los metales están en estado sólido, excepto el mercurio que se encuentra en estado líquido.
Color	Gran variedad cromática, siempre caracterizada por su brillo, que refleja la luz.
Densidad	Los diferentes metales son más densos que el agua, por eso se hunden. El hierro presenta una densidad de $7,87 \text{ g/cm}^3$, aunque hay metales como el uranio que presentan una densidad de $19,1 \text{ g/cm}^3$.
Resistencia mecánica	Buena resistencia mecánica, lo que les permite absorber golpes, presión o ser sometidos a grandes esfuerzos mecánicos.
Conductividad	Los metales destacan por su conductividad térmica, eléctrica y sonora. Destaca el cobre como uno de los más utilizados por su alta conductividad.
Ductilidad	Al aplicarles una fuerza mecánica, los metales pueden deformarse plásticamente hasta el punto de permitir ser estirados formando hilos.
Maleabilidad	Los metales pueden ser deformados por compresión sin romperse, pudiéndose moldear en planchas y láminas finas.
Fusibilidad	Es la facilidad con la que un metal puede fundirse o derretirse, alterando su estado.
Oxidación	Es la propensión de los metales a reaccionar químicamente con el oxígeno, alterando sus propiedades naturales. Los metales férricos son muy propensos a la oxidación. Algunos metales nobles, como el oro, apenas presentan esta característica.
Reactividad	Los metales reaccionan en presencia de otras sustancias químicas y tienden a formar cationes. Presentan facilidad a la hora de perder electrones y enlazarse químicamente con otros elementos químicos.

Ocres

La especie humana ha utilizado metales desde época paleolítica. Hace 350.000 en el yacimiento francés de Terra Amata hay restos de ocre, óxidos de hierro, procesados quizás para ser utilizados como elementos de pintura corporal. Estos restos de hematitas y goetitas habían sido sometidos a tratamiento térmico para acentuar sus colores, rojo y amarillento respectivamente.

Ocre pulverizado.



metales

Cobre

El objeto metálico más antiguo del mundo apareció en la cueva iraní de Shanidar. Fue trabajado por percusión lo que permitió obtener finas láminas sin para ello ser necesario alcanzar altas temperaturas. La técnica de martilleado del cobre a temperatura ambiente para el desarrollo de objetos ornamentales y afileres, también fue utilizada en yacimientos de los Montes Zagros y Anatolia hace más de 8.700 años.

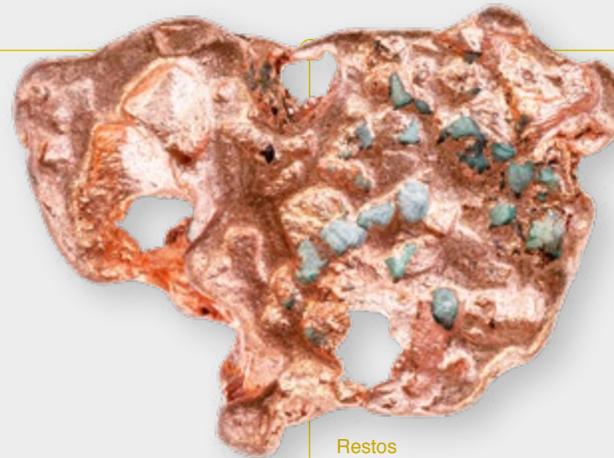


Bronce

La transición del cobre al bronce surgió gracias al desarrollo de la técnica metalúrgica. La creación de aleaciones -mezclas homogéneas de varios elementos de los cuales uno por lo menos debe ser metálico- dio lugar al bronce -mezcla de cobre y estaño-. La primera muestra de cobre fundido data del 4500 a.C. y apareció en la actual Serbia. La introducción de las herramientas de cobre fue sustituyendo a las de piedra. El bronce es más duro que el cobre y se equiparaba a la piedra en su tenacidad y resistencia, siendo además mucho más fácil de producir.



Hacha de bronce de hace 3.000 años del yacimiento del Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos).



Restos de cobre nativo

Cueva de Shanidar (Irán). Este yacimiento iraní además de ser conocido por sus ocupaciones neandertales de hace más de 45.000 años, posee un enterramiento de 35 individuos de hace 10.600 años con restos de cobre trabajado.

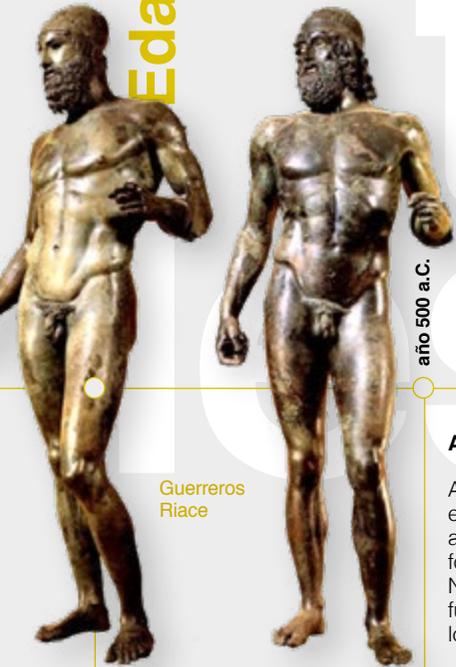
Hierro

La Edad del Hierro, duró aproximadamente del 1200 a.C. al 300 a.C. Aunque se conoce su utilización desde el 2.500 a.C., por los artefactos de hierro hallados en las tumbas reales hititas. Estos pueblos hititas, en la actual Siria, fueron los primeros en controlar el hierro y monopolizaron su producción, siempre escasa. Cuando su imperio fue destruido, sus herreros se dispersaron por Oriente Medio, difundiendo su tecnología y dando comienzo a la Edad del Hierro. A pesar de ser uno de los elementos más abundantes del planeta, hubo que esperar hasta este periodo para que se sistematizaran los procesos de obtención, fundición y manipulación. El proceso de fundido y moldeado de este metal fue complicado ya que requería enormes cantidades de madera, carbón y hornos de gran capacidad calorífica.

La Edad de los Metales

Fue la última etapa tecnológica de la Prehistoria tras la Edad de Piedra. Se caracteriza por el inicio de la actividad metalúrgica en los grupos humanos. En la Península Ibérica abarca desde aproximadamente el tercer milenio a.C. hasta la llegada de los romanos. Se dividió en tres edades inferiores, la Edad del Cobre o Calcolítico, la Edad del Bronce y la de Hierro. La primera se desarrolló en el III milenio a.C., el bronce corresponde al II milenio a.C. y el hierro durante el último milenio antes de nuestra era.

metales



Guerreros Riace

año 500 a.C.

Esculturas de bronce

Los guerreros de Riace son las primeras esculturas en metal de la Edad Antigua. Estas estatuas griegas de bronce forman parte de los escasos testimonios de escultura metálica clásica en Grecia junto con el Poseidón y el Auriga de Delfos.



Acero de la India

Aunque hay evidencias de la existencia de antecedentes del acero moderno, como el hierro forjado, en la zona del Mar Negro desde el 1800 a.C., no fue hasta el 400 a.C. cuando los metalúrgicos de la India

Plomo

El artefacto más antiguo encontrado de plomo es una estatua de Osiris del 3800 a.C. Pero fue durante la antigüedad cuando se expandió su uso. Los griegos lo utilizaron para crear proyectiles de honda. Los romanos, desde época republicana (509 a.C.-27 a.C.), utilizaron el plomo por su ductibilidad y resistencia a la corrosión, para fabricar láminas para escribir, ataúdes, tuberías y recubrimiento de bañeras. También se utilizó para la creación de productos farmacéuticos y para la acuñación de moneda debido a su bajo coste en relación con otros metales.

inventaron un método para su obtención. El acero es una aleación de hierro y una pequeña cantidad de carbono. Este "Acero de Damasco", como fue bautizado en época medieval, marcó la técnica de fabricación de espadas de esta aleación hasta el 1.700 de nuestra era.

La forja tradicional es un sistema de fabricación de objetos basado en la deformación del metal producido a base de golpes. En el caso del hierro es necesario someterlo a una temperatura entre 800° y 1.000° para que se pueda trabajar.



año 100 a.C.

Estatua romana de bronce. Hércules siglo II a.C.

Bronce romano

La escultura en metal en Roma hunde sus raíces en la tradición griega. Una de las piezas más antiguas encontradas es la estatua de bronce de Hércules, del s. II a.C. En ella se aprecia la curva praxiteliana, una forma de representación humana con ligera inclinación de la cadera. Entre los autores romanos destaca Pasiteles, al que se le atribuye una enorme estatua de Júpiter de oro y marfil, hoy desaparecida, y

numerosas obras en bronce. Una de las obras en bronce más famosas de Roma fue el Coloso de Nerón. Levantada en ese metal, medía más de 30 m y estaba situada frente al Anfiteatro Flavio, que acabó siendo conocido como El Coliseo, por la cercanía de la estatua. Las fuentes señalan su destrucción en el saqueo de Roma del 410 d.C. o en los terremotos posteriores, tras la cual fue fundida y reaprovechada, como era habitual en la época.

Minas hispánicas

La conquista romana de la Península Ibérica en el siglo I a.C. significó la expansión del Imperio hasta el límite terrestre de occidente y el control de una zona repleta de metales. Plinio el Viejo hablaba en sus crónicas de la presencia en Hispania de oro, plomo, hierro, cobre y plata a un nivel nunca antes conocido en Roma. El s. II d.C. estuvo marcado por la intensa actividad en las dos grandes cuencas mineras de Hispania: el suroeste, repleto de explotaciones de cobre y plata, y el centro y norte, ricos en yacimientos auríferos. Según las crónicas, en las cuencas de los ríos Tajo, Miño, Duero y Genil se podían recoger pepitas de oro directamente a mano.



Las Médulas fue la explotación minera de oro más importante del Imperio Romano. Situada en la comarca del Bierzo (León), estuvo en funcionamiento durante los dos primeros siglos de nuestra era y en ella se calcula que pudieron trabajar unas 20.000 personas.

Estribos metálicos

La inestabilidad política de occidente tras la caída del imperio romano convirtió a Europa en un objetivo de conquista para diversos pueblos de otros continentes, que trajeron al viejo continente novedades tecnológicas. Los estribos para los caballos llegaron al Imperio Carolingio en el siglo VIII. Habían sido inventados por los nómadas mongoles cuatro centurias antes y entraron en occidente a través del Imperio Bizantino. Esas piezas de metal permitieron al jinete manipular la espada mientras montaba, lo que transformó el papel de la caballería en los ejércitos del medievo.

Los mongoles implementaron los estribos a la caballería de sus ejércitos, lo que posibilitó la liberalización total de ambas manos para poder usar el arco a caballo.



Guadañas y colleras

La plena Edad Media, que abarca los siglos XI y XIII, se caracterizó por una revolución agrícola en Europa. Fue posible gracias a cambios en las técnicas de regadío y de cultivo y a la invención de nuevos elementos de metal. La introducción del arado de vertedera y de nuevas herramientas como la guadaña, la collera y la herradura de clavos hicieron posible un desarrollo exponencial de las actividades agrícolas.



La Reja de la Catedral de Pamplona conocida como "La Reina" de las rejas góticas, obra de Guillermo de Ervenan, se terminó en 1517.

Rejas y vidrieras

La Edad Media destacó sin duda por el desarrollo de sus dos grandes corrientes artísticas: el Románico, durante los siglos X y XII, y el gótico, desde mediados del siglo XII. En el primero, se empleó el metal con profusión para la creación de elementos ornamentales como las volutas de hierro, que deco-

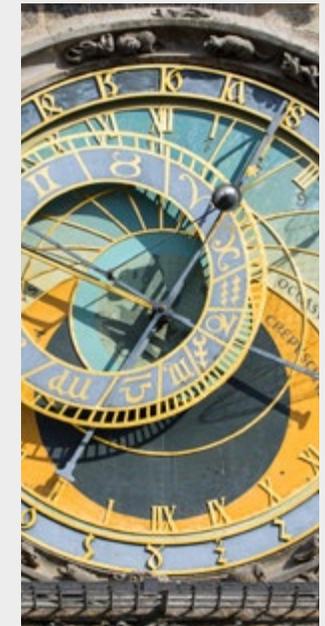
rababan las rejas y los vallados. En el arte gótico, los metales formaron parte de las tecnologías mecánicas de los grandes edificios y en las rejas de cierre de capillas, candelabros y otros elementos de liturgia. Además, las bellas vidrieras que caracterizaron la eclosión de colores de las iglesias góticas estaban unidas por metales fundidos como el plomo y el estaño.

Campanas y relojes

El crecimiento de la producción agraria favoreció el comercio y el desarrollo de las ciudades. En ellas, surgieron los gremios, agrupaciones de artesanos especializados. La huella de estos aún es perceptible en la nomenclatura de muchas calles como las dedicadas a los herreros, los plateros, los cuchilleros, los forjadores, los orfebres, etc. Las campanas de las iglesias se encargaron de marcar el ritmo de funcionamiento de las ciudades y los pueblos. El material con el que se hacían

era conocido como metal de campana, que no era más que bronce al 78 % de cobre y 22% de estaño o de hierro. A finales del s. XIII apareció el reloj mecánico, hecho de piezas de metal móviles. Este tipo de reloj se ubicaba en grandes edificios como monasterios, iglesias y ayuntamientos. Generalmente ocupaba espacios elevados -normalmente, torres- y su uso se fue uniendo al de las campanas, que empezaron a marcar las horas del día, la apertura y cierre de puertas de muralla o el comienzo y el fin de las jornadas gremiales.

Reloj astronómico de Praga. Localizado en la pared sur del Ayuntamiento, la parte más antigua del Reloj es el mecanismo del cuadrante astronómico que data de 1410. Fue construido por el relojero Nicolás de Kadan y por Jan Sindel, profesor de matemáticas y astronomía de la Universidad de Praga. Alrededor de 1490 se añadieron el calendario y las esculturas góticas que decoran la fachada.



año 1500



David de Donatello

El renacimiento del bronce

La recuperación del metal como elemento escultórico para grandes obras en el Renacimiento fue impulsada principalmente por la obra de Donatello. Su David, una estatua de bronce de más de metro y medio, se convirtió en 1440 en la primera representación de un desnudo masculino desde la Antigüedad, casi mil años atrás. Además, sus representaciones supusieron un hito en escultura exenta, dispuesta para ser admirada desde todos los ángulos. Otras obras de su producción estatuaria en bronce fueron el Condottiero Gattamelata y el conjunto de Judith y Holofernes.

La presión isostática

El científico y filósofo Blaise Pascal (1623-1662) enunció el Principio de Pascal, que explica cómo la presión aplicada en un líquido contenido en un recipiente se transmite con la misma intensidad en todas las direcciones, permitiendo obtener fuerzas muy grandes partiendo de otras relativamente pequeñas. Aunque el matemático francés no fue consciente de ello, este descubrimiento significó grandes avances en los campos de la hidrodinámica y la hidrostática, que dieron lugar a la invención de la jeringa y de la prensa hidráulica. Basándose en estos principios, en la actualidad los metales son sometidos a prensado isostático para eliminar burbujas e impurezas y darles forma.

año 1700



Pascal experimentando con la presión aplicada en líquidos

Hornos y acero inoxidable

Los primeros hornos metalúrgicos de carácter industrial, denominados altos hornos, fueron construidos en la región de Cumbria, en el Reino Unido, en el 1700. En 1823, la zona llegó a tener 237 siderurgias en funcionamiento, que se alimentaban con una mezcla de carbón y coque, un derivado del carbón destilado al vacío. En 1740, a poca distancia de esa región, Benjamin Huntsman creó el acero de crisol, un tipo de acero elaborado con técnicas de lento calentamiento



Envases metálicos

Hasta la llegada de la revolución industrial, la conservación de alimentos se basaba principalmente en técnicas de ahumado o salazón. En 1795, el francés Nicolas Appert inventó el proceso de embotado para mejorar la vida útil de los alimentos. Philippe Girard mejoró su diseño al utilizar latas de hojalata con recubrimiento interior de estaño, aprovechando las propiedades antisépticas de este metal. El proceso de enlatado fue un éxito en Inglaterra, donde el gobierno incorporó este sistema de conserva en el avituallamiento militar.

año 1800



La pila voltaica

Alessandro Volta creó la primera batería eléctrica de la historia en 1800, apilando discos de plata y zinc alternativamente y separándolos por cartón empapado en salmuera. El invento, conocido como pila voltaica, produce un flujo continuo de corriente eléctrica cuando se unen ambos extremos de la pila con un cable de metal. Hasta entonces, el estudio de la electricidad había estado limitado a la electricidad estática. El invento de Volta permitió trabajar con corrientes eléctricas que se podían activar a voluntad del científico. Desde entonces, el voltio, la unidad de medición de la diferencia de potencial eléctrico, se llama así como homenaje al físico italiano.

Caminos de hierro

El ferrocarril desde su propio nombre indica la estrecha relación existente entre este medio de locomoción y los metales. A principios del siglo XIX, ingenieros británicos comenzaron a desarrollar los primeros vehículos motorizados sobre raíles para el transporte minero. No fue hasta 1814 cuando George Stephenson construyó la Blücher, el antecedente del primer ferrocarril que prescindió de tracción animal. En 1819, se construyó el primer ferrocarril, que cubría 13 km entre Hetton y Sunderland, en Inglaterra. El 17 de septiembre de 1825 tuvo lugar el primer transporte de pasajeros entre Darlington y Stockton, con las vías de 1,453 m de ancho que definieron el standard.

Salamanca es el nombre de la primera locomotora de vapor de éxito comercial. Construida en 1812 para el ferrocarril que unía Middleton y Leeds, fue la primera en disponer de dos cilindros. Su nombre es un homenaje a la victoria de Wellington sobre Napoleón en la ciudad española.

metales

año 1900

El Talgo

En 1942, nació en España la empresa ferroviaria Talgo, conocida por ser la creadora de los trenes del mismo nombre. Su denominación viene del acrónimo "Tren Articulado Ligero Goicoechea Oriol", que incluye el apellido de los dos

socios que la desarrollaron. El tren que construyeron, el famoso Talgo, estaba hecho de aluminio soldado, sin remaches ni tornillos, y tenía un centro de gravedad más bajo que el resto de modelos de la época, lo que permitía alcanzar los 115 km hora y mantener altas velocidades en curva.



Acero e impresión 3D

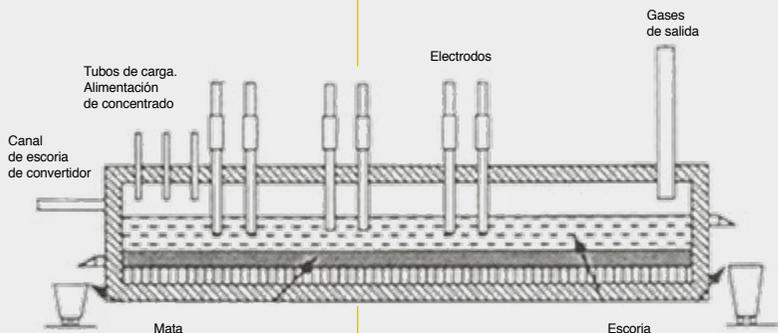
La evolución de la metalurgia ha llegado al mundo de la impresión 3D. En 2015, el diseñador Joris Laarman y la empresa holandesa MX3D iniciaron la construcción del primer puente impreso en acero inoxidable. Creado para ser colocado en Oudezijds Achterburgwal, en Ámsterdam, se trata de una estructura de paso peatonal para la que se han utilizado 4,5 toneladas de acero que fueron impresos por cuatro robots que fundían la aleación a 1.500°.

Esquema del horno de arco eléctrico descubierto por Paul Heroult.

Chatarra y reciclaje

El ingeniero francés Paul Héroult desarrolló en 1907 el horno de arco eléctrico. En este aparato, el metal quedaba expuesto a un arco eléctrico

capaz de fundir el 100% de la chatarra, lo que posibilitó el reciclaje de metales y aleaciones permitiendo su reutilización con un gasto energético menor que el de su extracción y transformación.



La cementación

Herbert W. Western descubrió y patentó el proceso de carburación al vacío en 1919. El proceso, llamado cementación, hizo posible un tratamiento térmico de hierros y aceros en presencia de carbono que aporta mayor dureza al material conforme más tiempo durase el proceso.

El enfriamiento rápido posterior hacía que la capa externa de carbono del metal endureciera velozmente, creando una carcasa de extraordinaria dureza y de hasta 6,4 mm de grosor.



año 2000

Rascacielos

La utilización del acero como refuerzo de estructuras en la construcción es uno de sus usos más extendidos. Junto con el hormigón, forma parte esencial de la construcción de cimientos y pilares. El edificio más alto del mundo, el Burj Khalifa, es buen ejemplo de ello. Construido en 2010, para la estructura de 828 m de altura se han utilizado 39.000 toneladas de barras de acero, que colocadas en línea darían cuatro vueltas al Ecuador del planeta. Exteriormente, presenta una fachada de más de 15.000 m² de acero inoxidable. Además, su estructura incluye 2.800 toneladas de aluminio.

El Burj Khalifa de Dubai, con 828 metros, es el edificio más alto construido en la historia de la humanidad. Su construcción ascendió a 1,5 mil millones de dólares.





“La oxidación por falta de uso gasta mucho más las herramientas que el propio trabajo”

Benjamin Franklin

Científico y político estadounidense del siglo XVIII

1 Composición, características y tipos

Los metales son elementos químicos puros de la tabla periódica extraídos de la tierra que se pueden combinar con otros para crear aleaciones metálicas. La metalurgia es la ciencia que estudia estos metales, su extracción, procesado y sus diferentes reacciones químicas como la corrosión. Por otro lado, la siderurgia es más específica y se centra en las técnicas empleadas en el hierro y sus aleaciones, así como en las diferentes formas en las que aparece en la naturaleza: meteoríticas, óxidos, hidróxidos, carbonatos, silicatos y sulfuros. Las aleaciones son combinaciones de metales entre sí o con otros elementos que permiten aumentar las capacidades de los metales, como la dureza, la resistencia mecánica, la conductividad eléctrica y térmica, la resistencia a la corrosión y a la oxidación.

Materiales férreos

Compuestos de hierro y sus aleaciones. El hierro es el metal más abundante del planeta, ya que es el principal material de su núcleo. Es el segundo en cuanto a cantidad en la corteza terrestre de la que forma el 5%. Sin embargo, el hierro puro tiene escasas aplicaciones, la mayoría relacionadas con su carácter magnético. Su fragilidad respecto a otros metales hace que lo habitual sea utilizarlo como fundición o aleación, siendo el acero y sus diferentes variables las más representativas. Las fundiciones son aleaciones férricas que contienen otros metales, otros elementos como el carbono y cantidades variables de níquel, cromo, titanio, silicio y manganeso entre otros muchos. Existen varios tipos según sus características mecánicas, su dureza y ductilidad. Las aleaciones más conocidas del hierro son los aceros, conocidos por su variedad y versatilidad. El acero es una aleación con casi un 99% de hierro y carbono que está presente en todos los medios de transporte modernos y en las construcciones de hormigón armado.



Hierro y níquel

El núcleo de la tierra está compuesto por hierro y níquel. Se encuentra a unos 5.000°C y es fundamental para el funcionamiento del campo magnético terrestre.

Materiales no férreos.

Son aquellos minerales o aleaciones sin hierro presente. Son más difíciles de obtener y, por tanto, más caros. Entre ellos se encuentra el aluminio, el metal más abundante en la corteza terrestre, de la que forma parte en un 8,2%. Los metales no férreos presentan propiedades como resistencia a la corrosión y buena conductividad eléctrica y térmica, fundiendo a temperaturas bajas. Esto hace que sean materiales más blandos, dúctiles y de reducida resistencia mecánica, por lo que suelen utilizarse en aleaciones. Se clasifican normalmente en tres grupos según su peso:

- Pesados: cobre, estaño, plomo, níquel, zinc, cobalto y aleaciones como el bronce y el latón (aleación de cobre y zinc)
- Ligeros: titanio y aluminio
- Ultraligeros: berilio y magnesio.

2 El metal, un material versátil y duradero



Hasta el dominio del procesado de los metales, los seres humanos obtenían las herramientas de materiales que encontraban a su alrededor, como la piedra y la madera. El trabajo de los metales exigía recolectar el material, unirlos y darles forma. En unos primeros estadios de la metalurgia, los metales utilizados eran el cobre y el oro, metales nativos que aparecían en la naturaleza puros, se podían extraer con facilidad y ser trabajados a golpes. Su escasa dureza permitía crear elementos decorativos y joyas, pero no herramientas.

La evolución de las técnicas constructivas y del fuego permitió hace 5.000 años la adaptación de hornos con capacidad térmica como para fundir metales, lo que supuso poder trabajar con metales más duros y moldes, que permitían hacer réplicas. A partir de ese momento surgieron elementos de metal y sus aleaciones con características que no tenían los materiales anteriores: dureza, resistencia a la tracción, tenacidad y ductilidad. Al igual que otros materiales, el metal ha evolucionado en cuanto a su uso. De representar objetos de prestigio e identidad en los grupos sociales, fue variando con su conocimiento por parte del ser humano a crear útiles, al igual que se iban conociendo las diferentes materias primas. En la actualidad, podemos decir que sus usos son casi inagotables.

El uso inicial y principal de los metales fundidos fue la creación de herramientas y armas para la caza y la defensa: hachas, espadas, agujas, cuchillos, punzones, cascos, fibulas y recipientes. Posteriormente, se fueron incluyendo otros usos

que aún perduran, como el de moneda, las canalizaciones y las cuberterías e instrumentos musicales. Hoy en día, los metales están presentes en todos los campos de la ingeniería y sus herramientas. El campo de las aleaciones está en continua expansión, creciendo su número cada año para aportar mejores soluciones a las necesidades existentes.

Solo existe un metal líquido a temperatura ambiente: el mercurio, que además es inodoro. Sus propiedades físicas hicieron que en la antigüedad fuese considerado como el metal del que estaban hechos todos los demás o como plata líquida y recibiera el nombre de "mensajero de los dioses". Es un metal pesado que solidifica a -38°C y de los pocos materiales que reaccionan químicamente con el oro, por lo que ha sido usado para su extracción. También se usa en industria manufacturera, en procesos químicos de tratamiento de papel y pinturas y en la fabricación de componentes eléctricos, aunque por su toxicidad, se están estableciendo protocolos para reducir su uso.

Metales como el cobre o el aluminio pueden ser reprocesados para crear nuevas herramientas sin perder sus capacidades originales ni su calidad. Muestra de ello es que el 80% del cobre extraído durante los últimos 10.000 años todavía se encuentra en uso en la actualidad. Las principales fuentes de cobre reciclado provienen de chatarra obsoleta y de la construcción, donde se pueden encontrar abundantes muestras de metal en instalaciones de fontanería, calefacción y electricidad.



80%

del cobre extraído durante los últimos 10.000 años todavía se encuentra en uso en la actualidad.

metales

3 Comunicación, transporte y relaciones sociales

Los seres humanos, como seres sociales, necesitamos de una comunidad para nuestra supervivencia. La especie gregaria que somos nos lleva a comunicarnos entre nosotros y expresarnos, ya sea de manera presencial o virtual. En los albores del uso de los metales, los óxidos se utilizaron como base de pinturas que, utilizando las paredes de las cuevas o el mismo cuerpo, servían de medio de expresión entre los individuos de las comunidades prehistóricas, perdurando su mensaje visual hasta nuestros días.

La comunicación y sus medios favorecen el intercambio entre grupos humanos, por lo que la humanidad fue creando redes de trueque y de intercambio de objetos entre diferentes poblados, precedentes del comercio. Este comercio estuvo marcado por el metal desde prácticamente sus inicios y, posteriormente, las monedas y los lingotes tomaron el protagonismo de un uso que ha llegado inalterado hasta nuestros días.

Las migraciones de los grupos humanos hacia nuevos espacios ampliaron el concepto de comunicación, haciendo necesarias nuevas vías y nuevos medios de transporte. Los metales participaron en su progreso, primero con los avances en carruajes y caballería y, a partir de la Revolución Industrial, en todos los medios de transporte terrestres, aéreos y marítimos. En particular, el ferrocarril, el camino de hierro, ha sido la más alta expresión de la relevancia del metal como elemento para la comunicación y el transporte. Las vías de tren han representado sin duda una notable muestra de las formas del ser humano para relacionarse utilizando este tipo de material.

Y más allá de la movilidad, el metal ha sido un material utilizado por el ser humano en un constante viaje de ida y vuelta en sus relaciones, ya que a menudo ha vuelto a los usos origina-

les relacionados con las formas de expresarse y comunicarse entre las personas. Más allá de los transportes, este material ha estado detrás del progreso en la forma de relacionarnos y en los últimos siglos ha sido esencial en los medios de comunicación oral. Desde el siglo XIX el soporte en papel de las comunicaciones escritas se ha visto progresivamente reemplazado por otros medios a distancia basados en tecnología de transmisión eléctrica, como el telégrafo, el teléfono o, en la actualidad, el ecosistema electrónico que nos permite comunicarnos a nivel global, todos ellos sustentados en el uso continuado del metal como materia esencial de su composición.

Golden Gate, está situado en la bahía de San Francisco (EEUU). Compuesto principalmente de acero, tiene una longitud de 2.737 m y se inauguró en 1937.



4 Metal y energía



Los metales han podido ser trabajados gracias al control del fuego y de los hornos, si bien es cierto que los primeros metales fueron tratados por percusión. La fundición supuso el control total sobre estos materiales, permitiendo pasar de su estado natural sólido a líquido, a la vez que se generaban nuevas aleaciones. La capacidad de transformación de los metales abrió la puerta a la experimentación mecánica y su utilización para la creación de las primeras máquinas. El primer ingenio mecánico autónomo que se conoce es la eolípila, una máquina creada por Herón de Alejandría en el siglo I d.C. Este ingenio estaba constituido por una cámara esférica con dos tubos curvos por los que se expulsaba el vapor al calentarla y creaba un movimiento sobre el eje central.

En la Edad Moderna, la humanidad atenderá a un desarrollo científico sin precedentes, que da lugar a enormes transformaciones y relevantes descubrimientos, como el de la electricidad de las tormentas por parte de Benjamin Franklin en 1753. Años más tarde, en 1780, el médico italiano Luigi Galvani descubrió que el contacto de su bisturí metálico con la piel de una rana en disección provocaba movimiento y escribió las primeras impresiones sobre lo que hoy sabemos de la electricidad estática. Hasta los inicios del siglo XIX, el ser humano no fue capaz de crear y controlar electricidad, con la llegada de la batería de Alessandro Volta, que unía elementos metálicos con líquidos salinos para conseguir una carga invariable durante un periodo determinado.

La adaptación del ser humano a sus nuevas necesidades ha contado con los metales como protagonistas de los grandes avances contemporáneos en energía y telecomunicaciones. La catalización de la energía a través de los múltiples grosores de cables y tendidos, desde los finos de cobre hasta los gruesos de aluminio, marcan el paisaje visible e invisible que permite tener luz eléctrica, electrodomésticos y telecomunicaciones globales en nuestro día a día. Además de como conductores de energía, existen metales cuyo uso se basa en que son productores de la misma. Maria Skłodowska-Curie y su marido Pierre Curie llevaron a cabo algunos de los primeros estudios de isótopos radiactivos, descubriendo metales como el radio y el polonio, que aplicaron a la radiología médica, gracias a la cual se salvaron muchas vidas en la I Guerra Mundial. Las investigaciones posteriores de Rutherford, Bohr o Einstein sobre los átomos y la energía llevaron en 1938 al enunciado de la hipótesis de la fisión nuclear. La puesta en marcha de auténticos ejércitos de científicos en el Proyecto Manhattan demostró la potencialidad energética de la energía nuclear, que a partir de la II Guerra Mundial se centró en aplicaciones energéticas de carácter pacífico.

En los albores del siglo XXI la energía es una necesidad estratégica. La búsqueda de una energía no contaminante es una de las máximas de la sociedad actual. El metal figura como material imprescindible, gracias a sus características físicas, en placas solares y aerogeneradores que adaptan la energía del medioambiente al uso de la humanidad.

Aerogeneradores

El acero es un material esencial en la construcción de los molinos de viento del siglo XXI. El proyecto Gansu Wind Farm, situado en el nordeste de China, es el mayor complejo eólico del mundo. Agrupa a más de 100 parques eólicos con una capacidad para producir 20.000 megavatios. La generación de este parque es casi como el total de la energía eólica instalada en España en la actualidad.

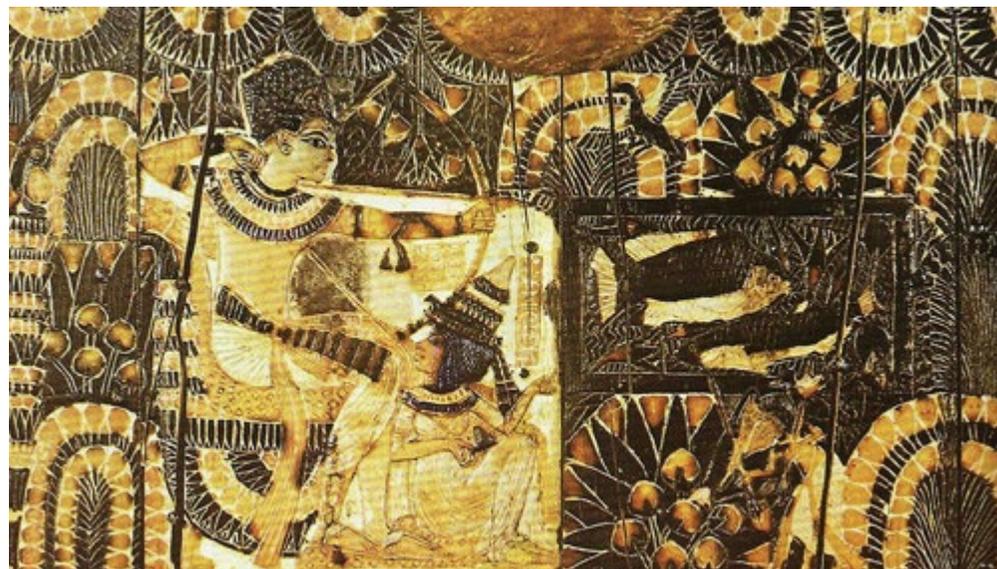
me
ta
les

5 Los metales nobles

Los seres humanos hemos buscado la belleza estética desde nuestros orígenes. Los colores, formas, texturas y brillos de la naturaleza han fascinado a la humanidad, que los ha imitado, creando además los suyos propios. Oro, plata y cobre fueron los primeros metales que los grupos humanos señalaron como elementos de embellecimiento y prestigio. Su belleza estaba basada probablemente en su escasez y su brillo, características que han mantenido los metales preciosos hasta la actualidad.

Los faraones del Antiguo Egipto manifestaban su poderío con grandes obras y con la acumulación y muestra de oro como símbolo de estatus, belleza y eternidad. Entre los elementos que han perdurado destacan las máscaras funerarias como la de Tutankamón y abalorios, colgantes, pulseras y accesorios de este metal, que en sus pinturas aparecen solo en manos de dioses y faraones. Esta dinámica continúa durante toda la Antigüedad Clásica. Tal vez, el gusto por el oro en Grecia es menos conocido que en la cultura romana, pero impresionantes colecciones museísticas como la del Hermitage Museum, en San Petersburgo, evidencian la maestría de la orfebrería griega. Los pueblos visigodos destacaron por su maestría en la creación de obras, como la corona de Recesvinto y sus anillos, fabricados en el siglo VII d.C. y de gran complejidad artística. Los descubrimientos continentales de la Edad Moderna se iniciaron con Cristóbal Colón. La abundancia de oro en el Nuevo Mundo propició el avance de la orfebrería. Aumentó la riqueza de la monarquía hispánica y animó al resto de naciones europeas a embarcarse en campañas de búsqueda de metales preciosos en nuevos territorios.

El tratamiento del metal ha supuesto una evolución tecnológica que ha hecho posible diferentes técnicas, artes y ciencias.



Además de la metalurgia y la siderurgia para metales y aleaciones más comunes, surgió la orfebrería. Etimológicamente, es una palabra de raíces latinas que une los conceptos de oro -auri- y arquitecto -faber- y se entiende tradicionalmente como el arte y la técnica aplicados al trabajo de metales preciosos y sus aleaciones. Los metales preciosos miden su pureza en quilates. En gemología, un quilate -ct- es una unidad de peso equivalente a 0,2 g. El concepto de quilate surge de la palabra griega *keration*, usada para las semillas de algarrobo con las que pesaban los metales en las balanzas, ya que eran muy homogéneas y comunes. Todas las semillas pesaban prácticamente lo mismo, 0,2 g, de ahí que esa sea la media. En orfebrería, es una unidad de pureza del metal basado en un sistema de proporciones dividido en 24 partes. Por ello, es llamado Quilate de Pureza y su símbolo es la k por el término griego *katharótita* (pureza). Una pieza de 24 k nos indica que su composición es 100% de ese material precioso. Una de 18 k, indica 18 partes de 24 de metal precioso y 6 de otro metal (75% de pureza).

En el siglo XXI, los metales preciosos forman parte de nuestra vida, pero no tienen por qué ser necesariamente visibles. Por su baja reactividad, estos metales tienen usos tecnológicos y biomédicos. En el caso de los primeros, algunos de estos metales son superconductivos. Es el caso del rodio, que forma parte de las placas de smartphones y tablets.

Tutankamón

La tumba KV62, situada en el Valle de los Reyes (Kings Valley) de Egipto, se corresponde con el sarcófago y momia de Tutankamón fallecido en el 1.327 a.C.

La tumba formada por cuatro salas contaba con más de 5.000 piezas para cuya fabricación se usaron grandes cantidades de oro y plata.

Rodio

Metal (Rh) poco abundante del grupo del platino. Se le considera el metal más caro del mundo. En 2020 alcanzó el precio de 8.000 dólares por onza de 28 gramos.

6 El metal y la salud



Titanio

Descubierto a finales del siglo XVIII, es un metal de transición de color gris, baja densidad y gran dureza. Estas características hacen del titanio un material fundamental para la fabricación de implantes dentales y ortopédicos.

Los metales presentan cualidades de gran utilidad para la adaptación del ser humano al mundo. Su dureza y resistencia han conquistado el mundo de las grandes construcciones, pero hay otras cualidades no tan evidentes y de carácter vital. Los metales forman parte de nuestro cuerpo en forma de oligoelementos, sales minerales que componen proteínas o que, de forma elemental, actúan como catalizadores metabólicos. Los metales no son generados por el cuerpo humano, sino que deben ser ingeridos a través del sistema digestivo, que los extrae de los alimentos donde están presentes. Su carencia puede generar problemas de desarrollo durante el crecimiento e incluso enfermedades, como la anemia por déficit de hierro.

Los efectos antisépticos del cobre son conocidos desde los tiempos de la antigua Mesopotamia. En los hospitales actuales forma parte de barandillas o grifos porque presenta una carga bacteriana un 90% menor que los plásticos. El hierro es

Hierro

Es el metal implicado en el transporte del oxígeno por el sistema circulatorio de los mamíferos. Combinado con proteínas, forma parte de los glóbulos rojos, encargados de esta función.

el metal implicado en el transporte del oxígeno por el sistema circulatorio de los mamíferos. Combinado con proteínas, forma parte de los glóbulos rojos, encargados de esta función. También está presente en la formación de la musculatura y en diversos procesos metabólicos. De manera externa, forma parte del acero quirúrgico, el metal del instrumental de quirófano con el que se interviene el cuerpo humano, elegido por su alta hiperalergia.

El oro y el platino forman parte de tratamientos de quimioterapia para la eliminación de tumores malignos. Los metales preciosos y sus aleaciones forman parte de prótesis y bioherramientas que se benefician de la baja reactividad de estos metales, que ayudan a evitar rechazos e infecciones. La respiración celular y otros procesos celulares y reacciones están relacionados con la presencia de calcio, cobalto, cobre, cromo, estaño, flúor, litio, manganeso, molibdeno, níquel, selenio, silicio, vanadio, yodo o zinc en el organismo.



me
ta
les

metales

Bibliografía

Gemignani J.C., Martínez Krahmer D., Ruiz E. y Maceira G. (2013): *Metal duro: fabricación y aplicaciones en mecanizado*, Instituto Nacional de Tecnología industrial, Buenos Aires (Argentina). 331 p.

Fortes Marco, I.: (2019): "El complejo cultural de la Edad de los Metales en Europa: Análisis a través de los testimonios de objetos del Bronce Final hasta la Segunda Edad del Hierro". *Fórum de Recerca*, 17. Ed. Universitat Jaume I, Castellon, pp 132-148.

Mercado Guirado, R. M. (2016): *Los metales en las sociedades protohistóricas. Una aproximación*, Ed. Universidad de Lleida, Lleida, 51 p.

Nordberg, G.: Metales: *Propiedades químicas y toxicidad* en Mager Stellman, J. (2001): *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* Ed Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Madrid, 76 p.

González Castañón, M. (2011) "El metal en la edad media: tecnologías y usos ". *Estrat Critic*, 5 (2), Ed. Universitat Autònoma de Barcelona, Estrat Jove, Collectiu d'estudiants d'Arqueologia, pp 355-366.

V.V. A.A. (2019): *Materiales para la construcción: Esenciales y totalmente reciclables*, Ed. Metal for buildigs,

Mateos Torres, C. (2012): "La competitividad de las industrias metalúrgica y de productos metálicos en España". *Economía industrial*, 385, Ed. Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Madrid, pp 47-58.

Gill F.J., Ginebra, M.P., Planell, J.A. (1999): "Metales y aleaciones para la sustitución de tejidos duros" *Biomecánica*, 7, Ed. Instituto de Biomecánica de Valencia, pp 73-78.

Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León (SIEMCALSA) (2008): *Los metales en Castilla y León*, Ed. Junta de Castilla y León, 24 p.

Contreras Rodríguez, M.L. (2011): *Estudio de comportamiento de metales traza en procesos de co-combustión de carbón y biomasa en lecho fluidizado*, Ed. Unidad de valoración energética de combustibles y residuos, Departamento de Energía (UAM), 465 p.

Recursos audiovisuales



Materiales. Una historia sobre la evolución humana y los avances tecnológicos

Metales
UBU



Ni para todos, ni para siempre
Crónicas
RTVE



Acero, cómo lo hacen
Discovery Channel



**tex
ti
les**

textiles

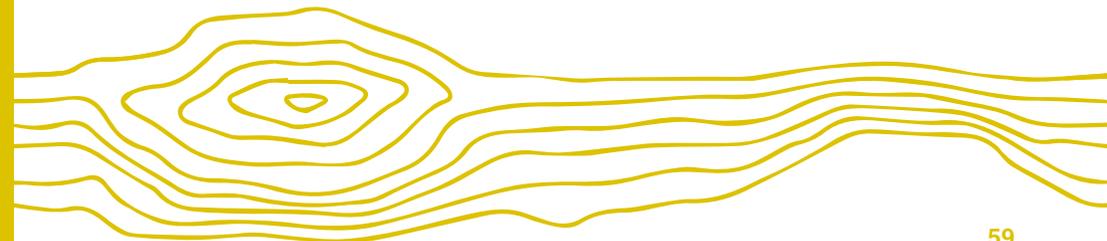


Según la Real Academia de la Lengua un textil es aquel material capaz de reducirse a hilos y ser tejido. El textil no solo ha influido en el ser humano por sus características como material, sino también por la singularidad y relevancia de las técnicas vinculadas al mismo. De hecho, el hilado no responde al descubrimiento de un material o su obtención, sino a la creación de técnicas y a la acumulación de conocimientos y avances tecnológicos desarrollados durante miles de años para producir tejidos. Los textiles son los materiales que obtenemos de tejer o entrelazar hilos, creando productos que han servido para vestirnos, decorar viviendas o hacer recipientes. Su etimología proviene del latín *textilis* -tejido-, *texere* -tejer-, pero deriva de la raíz indoeuropea *teks*, que significa tejer, fabricar, como en el *tekhne* griego: técnica.

Con la mejora constante de la técnica, hemos utilizado los tejidos a lo largo de nuestra historia para fabricar viviendas -como las jaimas-, elementos de transporte -como las camillas-, recipientes -como los sacos- o elementos decorativos -como las alfombras, las cortinas y los tapices-. Gracias a la creación de tejidos hemos podido llegar hasta los rincones más recónditos del planeta, sin importar las condiciones climáticas extremas, desde el desierto del Valle de la Muerte hasta el Everest. Y es que, sin duda, su principal aplicación ha sido de la de fabricar nuestra vestimenta. Comenzamos quitando la piel a otros animales y cosiéndolas entre sí para darnos abrigo, pero, poco a poco, fuimos elaborando nuestras "segundas pieles", con materiales vegetales y animales, como el lino, el cáñamo, el algodón, la lana o la seda. Desde hace más de 40.000 años tenemos herramientas asociadas al tejido, como las agujas producidas con hueso. Durante el neolítico se inventó el huso y, posteriormente, la rueca que, con el paso del tiempo, daría origen a los primeros telares.

Las diferentes sociedades han ido utilizando la vestimenta como elemento identitario a nivel social, pero también se ha usado para reforzar nuestra identidad personal y nuestra pertenencia a un determinado grupo. La vinculación entre la ropa, los textiles, la imagen y el sentimiento de identidad o pertenencia han sido una constante en la historia. En realidad, si observamos diferentes grupos étnicos, sociales, tribus urbanas o incluso sociedades en cada etapa del tiempo, el vestido ha sido un importante factor de diferenciación a lo largo de toda nuestra evolución. Este hecho se consolidará, acentuará y generalizará a partir de la Revolución Industrial, momento en el cual se transformará a todos los niveles la producción de textiles.

En la Edad Contemporánea la continua búsqueda e imitación de la naturaleza nos han llevado a desarrollar tejidos sintéticos, obtenidos principalmente de derivados del petróleo. Estos nuevos materiales nos han permitido emular a los peces a través de los neoprenos o sobrevivir en el desierto gracias al nylon y los poliésteres. En el siglo XXI las nuevas fibras creadas por el ser humano han abierto el abanico de la ropa diaria a la de aventura, la de trabajo e incluso la ropa defensiva, con fibras capaces de soportar el impacto de una bala como el *nomex* o el *kevlar*. En unos cientos de miles de años hemos pasado de andar desnudos por la sabana africana a crear "segundas pieles" a partir de materiales artificiales que nos han permitido llegar desde el fondo de los océanos hasta la Luna. Sin los tejidos y las técnicas textiles no habríamos sido capaces de avanzar y progresar como lo hemos hecho a lo largo de nuestra constante evolución.



textiles



propiedades

características

Higroscopicidad

Las fibras y prendas que repelen la humedad, normalmente de origen sintético, son llamadas hidrofóbicas. Las que absorben fácilmente, son conocidas como hidrófilas.

Tenacidad

La resistencia que ofrece un material textil a ser rasgado depende de las características propias de su fibra de materia prima, su tratamiento químico y el proceso de hilado y tejido, por lo que cada tejido muestra una resistencia muy diferente.

Cromatismo

Una de las principales características de los textiles es su gran capacidad para absorber colorantes.

Elasticidad

Capacidad de las fibras para recuperar su estado y forma iniciales tras ser sometidas a tracción o presión.

Densidad

Cantidad de hilos en el conjunto de urdimbre y trama por centímetro cuadrado de tela. Las telas con poca densidad son más abiertas y frescas, al contrario que las más densas, que retienen mejor la temperatura.

Espesor

Grosor del paño. Es una medida importante para el ajuste de las máquinas de cosido y bordado.

Aislante térmico

Los tejidos se caracterizan, según su función, por su capacidad de mantener o disipar el calor y por mitigar los efectos de la climatología exterior.

Rizado

Ondulación natural o artificial del hilo. El exceso de rizado puede causar enmarañamiento y rotura. Un mal o escaso rizado tiende al desprendimiento de sus fibras, dificultando su hilado.

Grosor

El grosor de la fibra es expresado en micras. Cuanto más fina sea la fibra, más resistentes serán los hilos resultantes y suaves sus telas, aunque aumentará la dificultad de su hilado.

Longitud

Las fibras textiles pueden tener una longitud entre 1 y 350 mm, a excepción de la seda, que puede llegar a conformar un hilo de más de 1 km y las fibras químicas, sin límite de longitud.



Desde hace 15.000 años en muchos yacimientos se han documentado agujas de hueso como esta localizada en la Cueva de Altamira (Cantabria).

Agujas

Durante el Paleolítico, hace unos 60.000 años, los seres humanos comenzamos a trenzar hilos de materias vegetales para hacer cuerdas. También se utilizaban pieles animales, que se cosían con tendones y agujas de hueso de las mismas presas. Las primeras agujas fueron encontradas en las cuevas de Potok, en Eslovenia, con una antigüedad de 41.000 años.

Algodón

Las primeras evidencias de utilización de algodón datan del 8000 a.C., cuando pueblos precolombinos empezaron a desarrollar las técnicas para su hilado en Sudamérica. Posteriormente, alrededor del 5000 a.C., comenzó el tratamiento de algodón en la India, Oriente Medio y Egipto con la creación de herramientas propias para su hilado, como las peinetas, husos y telares. Los husos se utilizaban para convertir la materia prima en hilo y los telares para tejer paños.

El algodón comenzó a hilarse en América desde hace 10.000 años.



año 8000 a.C.

Lana y cáñamo

En época neolítica, entre el 6000 y el 3000 a.C., la sedentarización del ser humano trajo consigo la agricultura, la ganadería y la artesanía. La domesticación de animales hizo posible la obtención de lana, una de las fibras naturales más comunes. La agricultura permitió cultivar, además de frutos y cereales, plantas con finalidad textil, como el lino o el cáñamo.



Actualmente una oveja puede producir entre 2 y 5 kg de lana al año. La longitud de las fibras de lana varía entre 2 y 32 cm y su grosor ronda los 0,012 mm. La calidad de éstas depende de la parte del cuerpo de donde provenga.

Vendas y momias

En el Antiguo Egipto, surgieron alrededor del 3500 a.C. técnicas de conservación y embalsamamiento de cadáveres con lienzos y vendas finas de lino embadurnadas en resinas, creando las momias que hoy día caracterizan los enterramientos de los grandes faraones. En la tumba de



La rueca

La rueca o rueda de hilar apareció en China en el 3000 a.C. Se trata de una máquina que permitía reducir fibras a hilo de manera mecánica. Contaba con una serie de ingenios mecánicos que hacían posible su funcionamiento: una rueda de radios, una manivela o pedal y un soporte giratorio para acumular el hilo. La aparición de la rueca está unida al tratamiento de la seda. Este preciado material textil de origen animal se extendió al Imperio Persa, llegando finalmente a Europa por la famosa Ruta de la Seda. La industria de la seda ha sido monopolizada por China durante casi 3.000 años, debido a que se redactó un decreto imperial que castigaba con pena



de muerte a quien divulgara fuera del Imperio los secretos de obtención y fabricación de las preciadas telas.

año 3000 a.C.

Proceso de restauración de la momia del niño faraón Tutankamón, en el Gran Museo Egipcio de Giza.

Alfombras

La primera alfombra de la que se tiene constancia es la alfombra Pazyryk, tejida en el siglo V a.C. Encontrada en una tumba de un príncipe escita en los montes Altái de Siberia en 1949, mide casi 4m² y está formada por 3.600 nudos simétricos por decímetro cuadrado. Aunque es la más antigua conservada, los expertos señalan que la depurada técnica solo puede ser resultado de la evolución en la fabricación de al menos, un milenio.



La alfombra Pazyryk llamada Kurgán nº5 o alfombra de Gorno-Altái1 (Rusia).

El lino

Los primeros registros que documentan la fabricación de lino se encuentran en las lápidas de la bahía de Pilo, en Grecia. Los soldados helénicos se vestían con prendas de lino para protegerse del roce de las corazas y las correas. El vesti-

do más antiguo era el khiton de los soldados hoplitas, que en el siglo V a.C. fue sustituido por el exomis, una túnica de dos rectángulos que se popularizó entre la infantería y los trabajadores. Además del lino, los antiguos griegos utilizaban la lana, la seda y el algodón.



Togas romanas

La prenda más famosa de la civilización romana era la toga. Consistía en un largo tejido -podía alcanzar los 6 metros de longitud- que se portaba enrollada alrededor del cuerpo. Para poder vestirla era necesaria la ayuda de un esclavo. A partir del siglo III, se comenzaron a poner de moda togas menos pesadas y más ajustadas al torso. Las togas

Estatua romana del siglo I d.C. vestido con toga. Museo Chiaramonti.

eran tejidos de lana blanca y sustentaban al gremio más próspero de las ciudades latinas -los lavaderos de togas-, que las blanqueaban con orines, productos amoniacados y tierra. La prenda más utilizada por las mujeres romanas era la estola, una variable más ligera y pequeña de la toga, influenciada por el khiton griego. La estola era una vestidura larga, con mangas, llevada sobre una túnica interior.



Cádiz alberga plantaciones de algodón desde época fenicia.

El algodón

La expansión del imperio de Alejandro Magno hasta el Valle del Indo en el siglo IV a.C. trajo el algodón a Europa. Llamado karbasos por griegos y latinos, fueron los fenicios los que más comerciaron con él en la

antigüedad y lo introdujeron en la Península Ibérica por la zona de Cádiz. Allí se plantó y trabajó tanto que Plinio llegó a pensar que era un producto hispano. La palabra algodón actual viene del árabe, *al-qūn*, de donde nace también la voz francesa (*coton*) e inglesa (*cotton*).

Purpuraria

En el Imperio Romano, entre el 27 a.C. y el 476 d.C., el color de la vestimenta supuso un símbolo de distinción social. Los esclavos y plebeyos utilizaban ropajes de color terroso y oscuro; el pueblo libre y las clases acomodadas trajos de colores claros y vivos. El amarillo era usado únicamente por las sacerdotisas vestales y para las bodas, ya que se teñía con azafrán y era extremadamente caro. Las túnicas de los legionarios eran rojas, del color del

dios Marte. El color púrpura era el color más caro y exclusivo, por lo que su uso era símbolo de riqueza y alta posición social. El tejido púrpura más oscuro estaba tradicionalmente unido a la realeza y en tiempos imperiales fue utilizado por altos magistrados y generales victoriosos. Para obtener este color había que recolectar el tinte de escarlata de un parásito llamado kermes, una especie de cochinilla que habitaba en árboles de la familia de los robles. El oficio encargado del teñido era el de purpuraria.



Polvo de cochinilla

Los tapices

Las Cruzadas de los siglos XI, XII y XIII ayudaron a la expansión de los tapices desde el Imperio Bizantino hacia Europa. Su uso se remontaba al Antiguo Egipto y los inicios de los pueblos persas, pero fue en los talleres del norte del Viejo Continente -en la zona de Flandes- donde se convirtieron en auténticas obras de arte. Un tapiz es un tejido hecho a mano en el que se reproducen imágenes utilizando hilos de distintos colores. Su principal uso era abrigar las paredes en tiempos y zonas de frío, mejorando la sensación térmica. En principio, eran paños gruesos colgados por las paredes, pero progresivamente se fueron haciendo más coloridos y con más formas hasta llegar a ser un arte muy cotizado.



Tapiz de la Creación del siglo XI. Elaborado en lana bordada, se localiza en el Museo Catedralicio de la Catedral de Gerona



El botón

En el siglo XII se inventa el botón en occidente, que sustituye a las fíbulas, broches y cuerdas con las que se cerraban las prendas hasta entonces. Este artilugio, fabricado en un principio en metales preciosos obra de joyeros, terminó haciéndose en cuerno, cobre, latón o vidrio y supuso un cambio radical en la vestimenta -permitía ceñir corpiños y cerrar cuellos y mangas-. El botón supone una nueva forma de unión temporal de tejidos que logró cambiar otras partes de las prendas en cuanto a su corte y tamaño, como las mangas, que se estrecharon en las empuñaduras de las prendas.

La Mesta

Alfonso X El Sabio, rey de Castilla y de León, creó en 1273 el Honrado Concejo de la Mesta, una agrupación gremial regia que protegía a los ganaderos trashumantes para potenciar la producción lanar. Entre los privilegios que otorgaba a los pastores y productores estaban la exención del servicio militar y los derechos de paso y pastoreo. Además, se reguló la circulación mediante el desarrollo de las cañadas reales: un sistema de caminos que contaba con una protección y ordenación especial. El comercio de la lana fue el más pujante de la corona castellana durante varios siglos. La lana de las ovejas castellanas, de raza merina, era apreciada por su finura y delgadez -la mitad de gruesa que la lana basta- que permitía

Industria textil

Entre los siglos VIII y XV no existió un gremio más pujante que el de los artesanos y comerciantes de paños. La ciudad más importante fue Friburgo, en el Sacro Imperio, donde también destacaron ciudades como Nuremberg o Augsburgo. En el siglo XIV aparecieron nuevos focos productivos como Inglaterra. Los paños ingleses tuvieron muy buena fama con centros como Bristol, Salisbury y Winchester. En España, fueron famosos los de la corona aragonesa, sobre todo los de Barcelona, Puigcerdá o Vic. El trabajo con algodón y seda estuvo muy localizado en Italia, con Florencia, Génova o Milán como principales centros textiles.



Telar tradicional

crear hilos de gran calidad y menor grosor, con los que se elaboraban tejidos más ligeros. La Mesta estuvo vigente hasta bien entrado el siglo XIX.



Escudo de la Mesta

Los lienzos

En el siglo XIV encontramos las primeras evidencias conservadas de lienzos utilizados como soportes de pintura, aunque hay testimonios documentales de su utilización en época romana. El óleo sobre lienzo más antiguo que se conserva es de 1410. Titulado Virgen con Ángeles, es una pintura poco habitual para la época. La pintura sobre tabla perduró en Italia hasta que Andrea Mantegna y otros pintores del Quattrocento apostaron por la tela en bastidor, dada su ligereza y comodidad, así como su resistencia al frío y a la humedad.

Las ferias

La villa castellana de Medina del Campo (Valladolid), fue sede de una de las mayores ferias comerciales y un punto de encuentro de comerciantes durante la Edad Moderna. En este periodo el textil fue el sector que más dinero movía, por encima del alimentario y el ganadero. Se estima que alrededor del 30% de los impuestos recaudados por la actividad mercantil de la ciudad eran por venta de paños castellanos.

Vestimenta y clases sociales

Las diferentes autoridades seculares de la modernidad crearon leyes suntuarias, destinadas a mantener a la población vestida de acuerdo con su estamento y su actividad. Al estilo de las promulgadas durante el Imperio Romano, se dictaron normas cuyo objetivo era evitar el acceso de las pujantes burguesías comerciales a prendas de ropa del estamento privilegiado y diferenciar a los maestros gremiales de trabajos más indignos. En este periodo el textil manifestó su más alta vinculación con la diferenciación social.



Leyes suntuarias
bibotecadigital.jcyl.es/es

La capa castellana

En 1759 comenzó el reinado de Carlos III de España. Este rey es considerado como el monarca que transformó la villa de Madrid en la ciudad merecedora de ser la sede de la corte. A través de la labor de su ministro Leopoldo de Gregorio, Marqués de Esquilache, promovió un sistema de limpieza, pavimentación y alumbrado de la ciudad y mejoras en la seguridad ciudadana, para lo que el noble prohibió capas y sombreros de ala ancha. Estas prendas daban a los delincuentes facilidades para ocultar su identidad y sus armas. Esta medida, unida a la carestía de los alimentos y el apoyo de enemigos del marqués y el clero, desembocó en marzo de 1766 en el Motín de Esquilache -una revuelta social



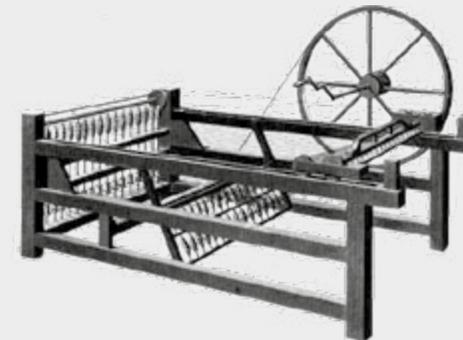
Leopoldo de Gregorio, Marqués de Esquilache, por G. Bonito

que tardó varios días en ser mitigada-. Desde entonces, la capa castellana dejó de formar parte del vestuario hispano.

La revolución "sin calzones"

El proceso político social que terminó con el Antiguo Régimen en 1789, la Revolución Francesa, tuvo como principales protagonistas a los miembros del estamento no privilegiado llamados *sans-culottes*. Este concepto significa literalmente «sin calzones», en referencia a la prenda que vestían las clases privilegiadas que no llevaban los miembros del tercer estado, ataviados con pantalones.

Lanzadera volante diseñada por John Kay



La industria textil

La Revolución Industrial de principios del XVIII se caracterizó por la mecanización de las industrias fabriles. La manufactura textil fue la primera en incorporar maquinaria hidráulica de vapor y abandonar la artesanía gremial. En 1733, John Kay inventó la lanzadera volante para el hilado, que sustituyó a la rueca. Treinta años después, se creó el

primer torno de hilar mecánico de ocho husos -la hiladora Jenny Machine-, que terminaría creciendo hasta los 120 husos. En 1769, se patentó la máquina de vapor, con numerosas aplicaciones en la maquinaria textil. En 1783, Edmund Cartwright inventó el primer telar completamente mecánico y automático, que primero funcionó con fuerza equina, pero posteriormente fue sustituido por energía hidráulica.



Sans Culottes

Textiles



El CITAM

El Centro Internacional del Tapiz Antiguo y Moderno (CITAM) celebró en 1962 la primera Bienal del Tapiz de Lausana bajo los impulsos renovadores de Jean Lurcat, un pintor y tapicero francés. Este evento supuso la confirmación del tapiz como soporte artístico, puesto que hasta entonces había sido denostado a pieza de artesanía por los artistas modernos. Desde entonces, la producción del tapiz se separó de la imitación de la pintura siendo una creación autónoma

que investiga en lo escultórico, lo cromático y lo material. Fue el momento de ruptura con la tradición milenaria y el inicio de la expresión artística pura en el mundo del tapiz, complementado la década posterior por los movimientos artísticos centroeuropeos capitaneados por Magdalena Abakanowicz, la artista polaca que liberó al tapiz de la servidumbre artesanal.



año 1950

Gore-tex

En 1958, el matrimonio formado por Wilbert L. y Genevieve Gore crearon en el sótano de su casa en Newarl, (Estados Unidos), un tejido a partir de un polímero de politetrafluoroetileno (PTFE). Años más tarde, su hijo Bob Gore mejoró descubriendo el politetrafluoroetileno expandido (ePTFE) al someter el PTFE a un proceso de estiramiento rápido en condiciones específicas. Entre sus aplicaciones está el Gore-tex que se convirtió en el primer tejido de la historia capaz de ser transpirable, impermeable y cortaviento a la vez.

Microfibras de poliéster

La empresa Albany International Corp. desarrolló en 1983 un aislamiento térmico de microfibras a partir de hilos de poliéster de alto rendimiento que buscaba ser la alternativa al relleno de plumas de ganso. El ejército de los EEUU fue el primer interesado en el material por su menor peso, resistencia a la humedad y mantenimiento de la temperatura corporal. En 1986 se patentó bajo el nombre de PrimaLoft y comenzó su producción para el mercado mundial.



Tejido inteligente de Under Armour.

Los geotextiles

En la última década del siglo XX, la industria textil, movida por el deseo de encontrar tejidos cada vez más ligeros, cálidos y duraderos fue investigando en la creación de Textiles de Uso Técnico (TUT). La tela dejó de ser solo vestimenta para empezar a formar parte

de geotextiles, utilizados en ingeniería civil para la construcción de carreteras o la impermeabilización de presas. Estos textiles técnicos fueron creados para necesidades técnicas concretas por su resistencia a las temperaturas extremas, la humedad, los rayos UV o para usos de aislamiento térmico o acústico.

Textiles inteligentes

Los Textiles Inteligentes y Tejidos Interactivos (SFIT) son combinaciones de tejidos con nanotecnología, microelectrónica o biotecnología. Son telas creadas en el siglo XXI con combinaciones materiales que otorgan propiedades específicas, haciéndolas antimanchas, autolimpiables, antibacterianas, ignífugas o hidrófilas a partir de fibras.

Las telas de araña se estudian desde hace años por su fuerza y resistencia. Se ha combinado la seda de araña con silicio para producir un material compuesto nanoestructurado y extremadamente fuerte -el cual podría ser incluso utilizado para la fabricación de huesos artificiales biocompatibles-. También el ejército de EEUU ha centrado su interés en la tela de araña para confeccionar prendas antibalas.





“Un buen modisto debe ser arquitecto para el diseño, escultor para la forma, pintor para el color, músico para la armonía y filósofo para la medida”

Cristóbal Balenciaga
Diseñador de moda

1 Composición, características y tipos

Una fibra textil es el elemento material mínimo requerido para crear un tejido. Las fibras son filamentos continuos que se entrelazan para convertirlas en hilo. Según su procedencia y su tratamiento pueden ser de tres tipos diferentes:

Fibras naturales

Aquellas que proceden de la naturaleza y son transformadas tal cual. Son fibras vegetales de hoja, fruto, cortezas, tallos, semillas o flores. Algunas de las más conocidas son la flor del algodón o el tallo del lino. También las hay de origen animal, como la seda, la lana o la fibra de alpaca, extraídas del capullo del gusano de la morera, la oveja y la llama respectivamente. Existen materiales textiles que se extraen de las piedras, como el lurex y el asbesto.

Fibras artificiales

Proceden de la naturaleza, pero son procesadas con químicos para alterar su composición y mejorar sus características. Las primeras fibras artificiales fueron desarrolladas por Hilaire de Chardonnet, que inventó la seda artificial o chardonnet en 1884. Las fibras artificiales se clasifican según la materia prima de la que se extraen: celulósicas, procedentes de la madera y habitualmente englobadas dentro del grupo del rayón; proteicas, de origen animal y vegetal; y algínicas, a partir de algas.

Fibras sintéticas

Creadas en laboratorios a partir de elementos no naturales tratados químicamente, como polímeros plásticos o extraídos de materias inorgánicas, como el carbón y el hidrógeno. Entre los

China

El gigante asiático es el primer exportador de productos textiles a nivel mundial, con un valor de aproximadamente 110.000 millones de dólares. El segundo puesto lo ocupa la Unión Europea, con 69.000 millones; y el tercero la India, con 17.000 millones.



tejidos creados con este tipo de fibras destacan el nylon-poliámidas, el poliéster, los acrílicos, los elastómeros como la Lycra, el Dry Fit y las fibras inteligentes.

Con los hilos resultantes del tratamiento de las fibras se realizan tejidos. Según su grosor, se dividen en dos grandes tipos:

Tejidos planos

Elaborados por dos series de hilos y realizados en telares, entretrejiendo una trama de hilo continuo de forma perpendicular entre los hilos verticales de una urdimbre, que sirven de guía. Según la forma en la que se crucen estos hilos de trama y urdimbre las telas pueden dar lugar a técnicas estilísticas como el Tafetán, el Oxford, el Satín o el Sarga.

Tejidos de punto

Se tejen creando una malla, como la calcetería, creando un textil más grueso. Los más conocidos son el tejido Lacoste, el Piqué y el Jersey, también llamado franela.

2

El procesado de las fibras textiles naturales

Los tejidos son materiales complejos que requieren de una transformación desde su unidad mínima, la fibra textil. El desarrollo desde la fibra al producto final, el tejido, es bastante similar en la mayoría de los tejidos de fibras naturales. De igual manera que en el caso de los tejidos de origen vegetal, el primer paso es la recolección. La lana tiene una fase de obtención del material llamada esquileo, que consiste en el corte manual del pelo de los animales para empezar a clasificarlo según clases y calidades y empezar a trabajar con él.

Los pasos a la hora de generar una tela natural son los siguientes:

Recolección

Recogida de las materias primas para su transporte y almacenamiento para empezar a trabajar con ellas.

Lavado

Proceso de limpieza de la materia textil con agua y lejías jabonosas. En el caso de la lana, los vellones son sumergidos para quitarles la suciedad, sobre todo tierra y restos vegetales que los ovinos han ido acumulando. El secado posterior se realiza al natural, oreando la lana para evitar que se pudra. Cuando el proceso se mecaniza, se incluye una fase de desgarrado de la lana tras el secado, mediante dos aparatos llamados batuar y diablo.

Cardado

Separación de fibras para poder ser hiladas. Recibe su nombre de las púas del cardo, con las que se realizaba esta acción en las herramientas más arcaicas.

Hilado

La técnica de creación de hilos se hacía mediante husos y

ruecas en el modo tradicional y mediante hilaturas mecanizadas desde finales del s. XVIII. Este proceso transforma las mechas de fibra textil en hilo del grueso deseado, sometiéndolas a procesos de torsión, estirado y plegado.

Tejido

El último proceso para la creación de la tela. Se lleva cabo en telares, formados por hilos longitudinales (urdimbre) cruzados de forma perpendicular por otros hilos transversales (trama). Gracias al trabajo del telar, por un lado, o del entrelazamiento de agujas, por otro, obtendremos distintas texturas.

Tratamiento del tejido

Una vez realizado el paño, este puede pasar por diferentes procesos como el batanado -que da consistencia al tejido mediante golpeo con sosa o tierra de batán-, el tintado -con agua caliente y colorante- y otros procesos como el perchado, el enramblado o el prensado, que afinan el producto final.

algodón

Estados Unidos, China e India son los principales productores de algodón del mundo y representan casi el 60% de la producción global, mientras que Australia y Egipto producen el algodón de mayor calidad. El algodón se cultiva en más de 100 países.

40%

representa el 40% del mercado mundial de fibra.



3 Las fibras naturales

Algodón

La fibra textil más usada del mundo. Su composición es 100% celulosa y proviene de la fibra que recubre las semillas de la planta homónima. A partir del siglo XIX suplió a la lana como principal materia prima textil y pasó a conformar el 50% del consumo mundial de fibras textiles. Se encuentra presente en tejidos de algodón y mixtos, mezclados con fibras de otros materiales. Sus paños son suaves, absorbentes, ayudan a la conservación de la temperatura y son idóneos para todo el año. Es propenso a encoger levemente, a las arrugas y a des-teñir su coloración a ciertas temperaturas de lavado.

Cáñamo

Se obtiene del tallo de la planta de cáñamo. Su composición es de un 70% de celulosa, lo que garantiza una buena absorción del tinte y la conducción óptima de calor. La tela obtenida en telares es muy fuerte, por lo que se suele desbastar mediante lejías. Presenta alta resistencia al moho y las bacterias. Su uso en el mundo de la moda no está tan extendido, pero es muy utilizado para hacer lonas y tejidos de gran tamaño.

Cuero

Se denomina cuero al tejido proveniente de la piel animal sometida a curtido, en el cual se le quita la materia pilosa. Fue el primer tejido que usó la humanidad para guardarse del frío y actualmente se usa para la elaboración de abrigos y calzado. Sus características principales son su alta resistencia mecánica, su durabilidad y su alto factor de aislante térmico.

Lana

Materia prima obtenida de pelo de oveja. Aunque su utilización hunde sus raíces en la prehistoria, fue en la antigüedad

cuando en la zona de Oriente Próximo comenzó la selección de razas de ovejas para adecuarlas a una mayor producción de lana. Esta práctica se expandió hacia Europa y Extremo Oriente gracias al comercio. En España las dos grandes razas de ovejas tradicionales son las churras y las merinas. Las primeras estaban orientadas a la obtención de carne y las segundas a la de lana. La lana merina fue considerada oro blanco durante la Edad Media y Moderna por su alto valor, debido a la finura de sus fibras y la suavidad de los tejidos resultantes. Es la fibra de origen animal más utilizada en la industria textil y en la de la moda. Tiene un tacto suave, absorbe fácilmente la humedad y conserva muy bien el calor, por lo que es un tejido óptimo para épocas y climas fríos.

Lino

Fibra de carácter vegetal extraída de la planta de lino. Su primer uso conocido se remonta al 7000 a.C. en la zona de la actual Turquía. Es una de las fibras vegetales más fuertes, por lo que mediante el mismo se confeccionan estopas -material con el que se fabrican cuerdas y tejidos de alta resistencia-. Es un material que absorbe muy bien la humedad, por lo que es óptimo para climas tropicales.

Seda

Se extrae del capullo de la oruga del árbol de la morera, originario del norte de Asia. Por su delicada extracción, es uno de los materiales más lujosos y de mayor valor histórico hasta la contemporaneidad. Su comercio dio nombre a la mayor vía comercial que unió Oriente con Occidente, la Ruta de la Seda. Es una fibra muy suave, fina y brillante, destinada por ello principalmente a artículos de lujo.



cuero

Más del 50% de los cueros de bovinos y el 40% las pieles de ovejas y cabras se utilizan para la fabricación del calzado, mientras que el resto se usa para la producción de prendas de vestir, mobiliario y artículos de viaje

lana

Carnero merino. Esta raza de oveja es la más extendida del mundo.



4 Las fibras artificiales

Las fibras artificiales son aquellas creadas a partir de fibras naturales tratadas en procesos de transformación química. Entre las de origen vegetal, destaca la familia del rayón, derivados de la celulosa. Inventado por Hilaire de Chardonnet en 1884, son fibras textiles extraídas del tratamiento químico de las fibras de celulosa vegetales. Entre las más destacadas están:

Acetato

Descubierto en 1894 por C.F. Cross y E.J. Bevan. Es una fibra extraída de la celulosa de algodón procesada con ácido acético.

HMW (High Wet Modulus)

Inventado en Japón en 1951 y conocido también con el nombre de modal. Presenta una resistencia muy alta frente a otros rayones y absorbe muy bien la humedad y el tintado. Tiene un brillo muy característico que lo distingue de otros textiles.

Lyocell

También llamado Tencel, es conocido por su sostenibilidad, debido a que el disolvente que se usa para extraer la celulosa no es tóxico. Es bastante similar en sus características al algodón natural.

Nitrocelulosa

Descubierta en 1884 y llamada Seda Charonnet, por su parecido a este tejido, gracias al cual fue conocida también como seda artificial. En la actualidad se está abandonando su producción por la toxicidad de sus procesos de obtención.

Viscosa

Fue la primera fibra textil artificial manufacturada. Es un tejido suave, ligero, absorbente y transpirable, pero con muy poca

Inditex y Iyopcell

Este material textil es el tejido sostenible por el que están apostando las grandes compañías de la moda porque presenta las siguientes características:

- Su textura, es una tela lisa y suave que resulta agradable al tacto.
- No se arruga al ser una fibra lisa y elástica.
- Presenta alta transpiración con una gran capacidad de absorción.
- Su capacidad de transpiración la convierte en un material antibacteriano.

El grupo Inditex tiene programado que en 2020 una de cada cuatro de sus prendas se produzca en este material.



recuperación elástica, la menor de todas las fibras textiles. En sus orígenes fue aplicada en bordados decorativos, pero hoy en día está destinada a prendas comunes y, sobre todo, como sustitutivo del algodón en las prendas de ropa interior femenina.

Por su parte, entre las fibras artificiales de origen animal destacan el lanital o la fibrolana, derivadas de la caseína, una proteína láctea. Sus tejidos son agradables al tacto y resistentes, por lo que se utiliza en su mayoría para tejidos de punto.

5 Las fibras sintéticas

Las fibras sintéticas son compuestos sintetizados por el hombre a partir de otras materias primas y, al igual que en las fibras naturales, existen multitud de ellas. A partir del siglo XX aparecen nuevas modalidades cuando la búsqueda de nuevos materiales textiles pretendía cubrir necesidades especiales: evitar la humedad o conseguir la resistencia al fuego o a las altas temperaturas. Hoy en día, la investigación está centrada en el desarrollo de materiales sostenibles y de tejidos inteligentes.

Los tejidos de fibras sintéticas más conocidos son los siguientes:

Acrílico

Su nombre proviene del polímero acrilonitrilo, que representa el 85% de su composición. Fue descubierto en 1944 por la compañía DuPont y comercializado en la década siguiente con el nombre de Orlón. Sus características son muy similares a las de la lana, pero con la particularidad de que puede ser hilado tanto en seco como en mojado, además de no presentar alérgenos.

Elastano

Seguramente sea más conocido por sus nombres comerciales, como la licra o el spandex. Se trata de una mezcla de polímeros formada por uretano y urea. Fue descubierto en 1958 por Joseph Shivers y revolucionó el mundo textil por su alta elasticidad. Actualmente está muy vinculado al mundo de los tejidos deportivos por su resistencia al sudor y su ligereza, combinándolo con otras fibras para dotarlo de mayor suavidad. Es el tejido de medias, leggings, ropa deportiva y bañadores.

Nylon

Polímero de poliamida descubierto por Wallace Hume en 1933. Sorprendió a la industria textil por su alta resistencia y



elasticidad, al fabricar medias que superaron a las de algodón y lana en ambos aspectos. Es un tejido muy funcional y tan versátil que lo podemos encontrar en elásticos de ropa deportiva, cuerdas de guitarra o suturas quirúrgicas.

Poliéster

Tejido elástico derivado del petróleo. El más conocido es su variedad PET. Fue desarrollado por DuPont en 1951 como una fibra textil no transpirable, pero de gran resistencia y muy liviano. Su tacto es muy suave. Al inicio de su producción, se utilizaba sobre todo para la fabricación de hilo de coser, aunque según ha ido evolucionando la industria textil, se ha ido haciendo un material muy importante en el campo de la ropa técnica.

Alpinismo e investigación

Las prendas para actividades de montaña -impermeables, ligeras, resistentes y transpirables- han sido el mayor avance en la vestimenta desde la segunda mitad del siglo XX.



Nylon

La resistencia de este material hizo que se aplicara para la construcción de paracaídas y cuerdas durante la Segunda Guerra Mundial. Sin embargo, su primera aplicación fue el cepillo de dientes con cerdas de nylon.

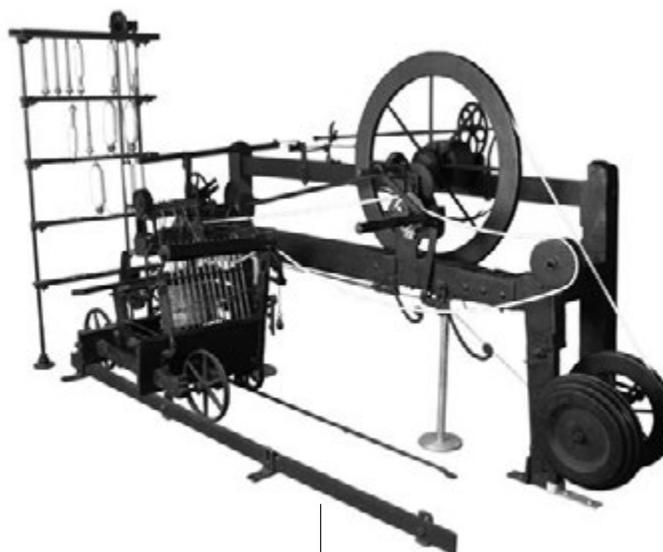
6 La maquinaria textil

A lo largo del proceso de la evolución humana se ha percibido cómo nuestra especie y sus ancestros evolutivos han ido perdiendo progresivamente la frondosidad de su vello corporal. En otros tiempos, este pelaje cumplía una función de regulación térmica que, al desaparecer, hubo que sustituir por accesorios que nos permitieran conservar la temperatura de una manera óptima.

Las pieles fueron los primeros accesorios con los que el hombre comenzó a protegerse de las inclemencias meteorológicas. No obstante, con el paso del tiempo, se comenzaron a adaptar fibras para crear nuevos tejidos. Su avance ha sido tal, que tanto los tejidos de fibras como las pieles son tratados de manera industrial en la actualidad.

En el Neolítico, la invención del telar vertical ayudó a producir los primeros tejidos. Estos primitivos telares presentaban una estructura muy básica y, ayudados de fusayolas -piezas de contrapeso cerámicas-, permitieron la creación de los primeros textiles obtenidos de manera mecánica con que cubrir el cuerpo humano. Existían además otros procesos de confección manual como la cestería, que ayudaban en los procesos de recogida de materias primas. La rueca, siglos después, hizo más sencillo el proceso de hilado de las fibras, mejorando sus características y facilitando su adaptación a la transformación en tejido. Tanto como para uso doméstico como comercial, la creación de tejidos a través de las diferentes fibras textiles se basó en estas dos máquinas, que sufrieron diferentes evoluciones para optimizar la fabricación de tejidos.

La llegada de la Revolución Industrial cambió el mundo de los tejidos por completo. Uno de los sectores claves en la



1764

Se crea el primer torno de hilar mecánico de ocho husos, la hiladora Jenny Machine, que irá creciendo hasta los 120 husos.

1783

Primer telar completamente mecánico -no manejado- de Edmund Cartwright. Primero funcionaba con energía equina, pero fue sustituida por hidráulica.

1769

Se patenta la máquina de vapor, con múltiples aplicaciones en la maquinaria textil. Richard Arkwright crea la primera hiladora hidráulica.

1793

Creación de la máquina desmotadora de algodón en EEUU.

1733

John Kay inventa la lanzadera volante para el hilado, que sustituyó a la rueca.

1779

Samuel Crompton crea la Mula de hilar o Hiladora de muselina, un tipo de hidráulica mejorada.

consolidación de este proceso fue el textil, que optó por abandonar las formas tradicionales de producción gremial, entendiéndose que las innovaciones tecnológicas permitían un excelso aumento de la producción. Los avances más representativos fueron la creación de máquinas hiladoras, que

funcionaban de manera hidráulica gracias a la máquina de vapor. No obstante, anteriormente se utilizó la fuerza humana y animal. Las lanzadoras o tornos mecánicos de brazos múltiples fueron algunos de los avances que se incorporaron entre los siglos XVIII y XIX., donde destacan algunos hitos:

Tras la Segunda Revolución Industrial, los textiles dieron un salto cualitativo en su producción que se tradujo en un producto final de mayor calidad. Las fibras naturales y artificiales fueron mezcladas con fibras sintéticas. Procesos industriales de carácter químico desarrollaron materiales poliméricos como el nylon. De igual manera, se obtuvieron productos de mayor complejidad. Realizando procesos de policondensación con diferentes reactivos, se crearon polímeros ultrarresistentes con aplicaciones textiles, dando lugar a tejidos como el Kevlar, cinco veces más resistente que el acero y capaz de soportar un impacto de bala sin ser atravesado. Al estilo de este tejido, se fueron fabricando más, capaces de aguantar diferentes procesos químicos y mecánicos.

La industrialización acercó la mecanización textil a los hogares con la creación de la máquina de coser. Esta herramienta doméstica facilitó las labores de costura en los hogares del mundo occidentalizado. Inventada por Thomas Saint en 1790, fue Isaac M. Singer quien en 1851 patentó un modelo que revolucionó el concepto de máquina de coser, puesto que su prototipo tenía una lanzadera de movimiento rectilíneo y con una aguja sin curvar. Su aportación hizo de las máquinas de coser una herramienta de fácil utilización para cualquier casa, por lo que se convirtió en un elemento típico de cualquier familia.



Singer

El 12 de agosto de 1851 el estadounidense Isaac M. Singer patentó la máquina de coser, invento que revolucionó toda la producción industrial textil.

7 Tejidos, diseño e identidad

La identificación con los materiales que nos hicieron humanos se hace más evidente en el mundo de los textiles. Prácticamente desde sus inicios, la vestimenta ha creado distinciones y ha ido creando elementos identitarios de carácter colectivo e individual. Las sociedades, los grupos sociales, las clases y las tribus urbanas se diferencian visualmente por la tipología y composición de sus vestimentas. Las jerarquizaciones sociales también suelen ir acompañadas de elementos textiles diferenciadores.

Por su composición, apenas han quedado restos de tejidos prehistóricos, debido al deterioro de estos materiales. En el ámbito documental, podemos observar elementos como el Estandarte de Ur, pequeña caja decorada del año 2500 a.C. en la que el soberano, representado en mayor tamaño, muestra un ropaje diferente al de los soldados y los músicos que aparecen en la escena, también ataviados de manera distinta.

En el Antiguo Egipto, las representaciones pictóricas y escultóricas que han llegado hasta nuestros días arrojan datos sobre la diferenciación social a través de la vestimenta y sus símbolos, desde faraones a sacerdotes y casta de la corte. La diferenciación entre la vestimenta de los faraones por épocas apoya la idea de que existían tendencias estéticas y de diseño. Aparte, la preparación para la vida eterna de las personas de estamentos privilegiados se realizaba con vendas de lino en un proceso de momificación que no era accesible para los estratos sociales inferiores.

En la Antigüedad, tanto en Grecia como en Roma se puede encontrar un catálogo pormenorizado de géneros y morfologías textiles con una clara jerarquización y especialización de la vestimenta para cada estrato social y profesión, diferenciando



274.000 \$

La camiseta con el número 23 de Michael Jordan, jugador de los Chicago Bulls, es la camiseta de baloncesto más vendida del mundo. La que utilizó en los juegos olímpicos de Los Ángeles 1984 ha sido la más cara, alcanzando en una subasta los 274.000 dólares.

do entre la vestimenta de militares, civiles, funcionarios, políticos, artesanos y esclavos.

Durante la Edad Media y la Edad Moderna, el esplendor del comercio y de las familias reales europeas, unidos a la aparición de una burguesía comercial que buscaba asemejarse a los estamentos más privilegiados a través del lujo y la opulencia, crearon tendencias de moda internacionales. El diseño de vestuario se convirtió en una máxima de distinción dentro de la sociedad y las cortes europeas.

La industrialización del textil ha democratizado el acceso al diseño. Logró aumentar la oferta hasta convertir el modelo de consumo de tejidos de una necesidad vital a una exposición publicitaria, donde el seguimiento de las tendencias y la creación de identidades estéticas han creado un mercado que se renueva varias veces al año.

textiles

Bibliografía

Ballester Ponciano, A. y otros (1987): *Los Productos textiles. Elaboración, recopilación y estudio*, Consejería de Industria, Comercio y Turismo de la Comunidad Valenciana, Valencia, 71 p.

Bandrés Oto, M: (1998): *El vestido y la moda*, Ed. Larousse, Barcelona, 384 p.

Castany Saladrigas, F. (1949): *Diccionario de tejidos, etimología, origen, arte, historia y fabricación de los más importantes tejidos clásicos y modernos*, Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 482 p.

Colchester, C. (2008): *Textiles. Tendencias actuales y tradiciones*, Ed. Blume, Barcelona, 208 p.

Dávila Corona, R. M., Durán i Pujol, M., García Fernández, M. (2004): *Diccionario histórico de telas y tejidos: castellano – catalán*, Ed. Junta de Castilla y León, Valladolid, 301 p.

Diderot y D'alembert (2002): *L'Encyclopédie. Art des textiles*, Ed. facsímil, Tours, Bibliothèque de l'Image, 128 p.

Garfield, S. (2000): *Malva. Historia del color que cambió el mundo*, Ed. Península, Barcelona, 224 p.

Herrero García, M. (2014): *Los tejidos en la España de los Austrias. Fragmentos de un diccionario*, Ed. Centro de Estudios Europa Hispánica, Madrid, 283 p.

Hoye, J. (1952): *Tejidos de algodón. Nombres, descripciones y usos de los tejidos en crudo, blanqueados, pintados y acabados*, Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 271 p.

Larruga, E. (1995-96): *Memorias políticas y económicas sobre los frutos, comercio, fábricas y minas de España*, 45 vols. Madrid, Imp. Benito Cano, 1787-1800. Reedición facsímil del Instituto Fernando el Católico.

Martínez Meléndez, M^a C. (1989): *Los nombres de tejidos en castellano medieval*, Ed. Universidad de Granada, Granada, 605 p.

Recursos audiovisuales



Materiales. Una historia sobre la evolución humana y los avances tecnológicos

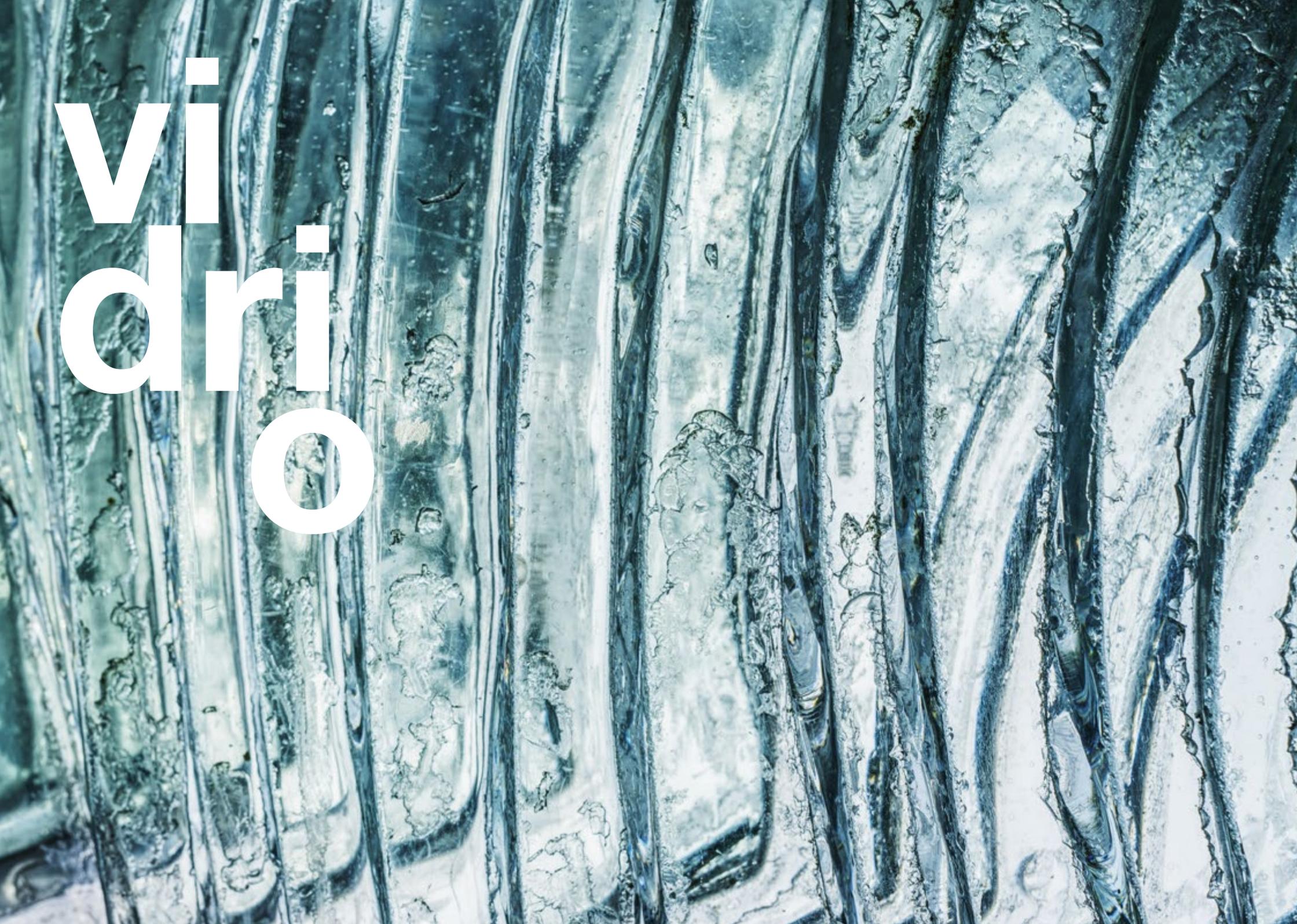
Textiles
UBU



Cómo se hacen las telas DMAX



Prelle, a story of silk and thread Sabine Verzier



vi
dri
o

vi dri o

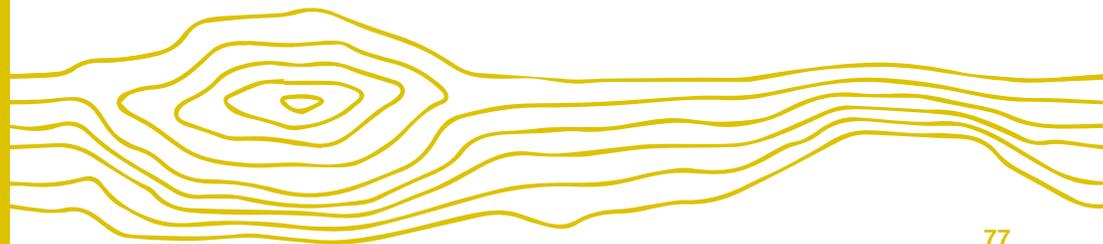


El vidrio es uno de los materiales más singulares que ha utilizado el ser humano a lo largo de los tiempos. Transparente pero hermético, aislante pero traslúcido, inalterable e inerte, reciclable, indeformable, resistente, económico, higiénico... tiene unas propiedades excepcionales que han sido muy versátiles para resolver multitud de necesidades del ser humano. Fernández Navarro escribió que "... de todos los materiales empleados por el hombre es el vidrio el que, ya desde los albores de la Humanidad, le ha acompañado más fielmente a su paso por el mundo, permitiéndole conjugar siempre lo útil y lo bello". Esta condición especial, con una singularidad que lo acerca a lo mágico, proviene de sus parámetros físicos, en un estado difícil de precisar, cercano a los indicadores de un sólido, pero con unas propiedades de fluidez y viscosidad que lo acercan a los líquidos.

Su nombre proviene del latín *viridis* -que significa verde- y fue así denominado porque durante la época romana su tonalidad predominante era la de este color. Aunque se puede encontrar en la naturaleza en forma de obsidiana, su obtención se deriva de la transformación esencial de las rocas silíceas, combinadas en un proceso de fusión con otros elementos -lo que lo convierte en uno de los primeros materiales de síntesis realizados por el ser humano-. Existen diferentes hipótesis sobre cómo se descubrió y desarrolló esta técnica. El relato de Plinio el Viejo habla de la casualidad en su

obtención, en la cuenca del río Belus, en Siria; aunque encontramos también vestigios de su conocimiento en el antiguo Egipto; se piensa en su elaboración a partir de escorias coloreadas a partir de la metalurgia del cobre; y se vincula igualmente a un proceso de sobrecocción accidental del barro en un horno.

Lo cierto es que, desde el origen de su uso, hace más de 7.000 años, se utilizó para cubrir las principales necesidades anteriormente resueltas por la cerámica y ha estado vinculado a este material en sus condiciones técnicas, en su evolución tecnológica y en sus procesos de fusión. De esta vinculación surge su uso predominante en la antigüedad, el de los envases de vidrio hueco, que ha permanecido a lo largo de los siglos. Botellas, frascos, vajillas y recipientes de todo tipo han acompañado nuestra vida doméstica desde su aparición. Y aunque hasta siglos después no se extendería el uso común del vidrio plano, hay también vestigios históricos de sus primeras aplicaciones para crear superficies aislantes transparentes. Los romanos introdujeron este tipo de vidrio para que las ventanas de sus viviendas dejaran pasar la luz, pero sin permitir la entrada de la lluvia, el frío o el viento. Y así se inició otra de sus aplicaciones principales, la de crear estos elementos aislantes que han sido utilizados durante siglos en las técnicas de construcción. En este caso, la unión de la utilidad y la belleza alcanzó su máxima expres-



vidrio

sión con la explosión del color en las vidrieras medievales y en la multitud de usos aplicados del vidrio con estas técnicas durante los siglos posteriores.

En la actualidad, una parte de la humanidad puede ver gracias al vidrio, puesto que la ciencia óptica ha desarrollado toda una serie de lentes que ha permitido corregir nuestros defectos visuales. Por su parte, la microscopía nos acerca a ese mundo nanométrico que nos rodea sin darnos cuenta, mientras que la fabricación de telescopios nos ayuda a conocer el espacio exterior, las constelaciones y los planetas de nuestra galaxia. En la vida diaria, el vidrio nos permite viajar a grandes velocidades en los vehículos, disfrutar del sol sin preocuparnos por la temperatura exterior o simplemente, ponernos al día de todo lo que ocurre gracias a las pantallas de móviles, televisiones y ordenadores. Y, más aún, se trata de un material con una tremenda relevancia para las actividades industriales, la medicina y la salud, el arte y la decoración, la construcción, la seguridad, el transporte y las comunicaciones. Y pese a tal cantidad de aplicaciones, continúan apareciendo en las investigaciones recientes nuevas propiedades del vidrio en cuanto a sus singulares capacidades ópticas, eléctricas, mecánicas, químicas y de conductividad. A pesar de nuestra constante evolución en técnicas y procesos, una gran parte de las necesidades de nuestra sociedad siguen cubriéndose mediante las posibilidades

que nos ofrece el singular proceso esencial de la fusión del vidrio; un material imprescindible para nuestro progreso.

El descubrimiento del vidrio.

A lo largo de la historia han surgido muchas interpretaciones sobre cuál fue el proceso mediante el cual se descubrió la técnica para crear vidrio mediante la fusión de diferentes elementos. Hay multitud de teorías sobre los vestigios de su conocimiento por los egipcios, su relación con las escorias de la metalurgia del cobre o su obtención a partir de las técnicas de sobrección de la cerámica. Pero quizá, la más conocida y difundida ha sido la que narra Plinio el Viejo en su Historia Natural. Según este relato, quizá convertido en leyenda, parece ser que una de las posibilidades de su descubrimiento es que fuera consecuencia de la casualidad: cuando unos mercaderes de sosa sirios pararon para descansar y comer en la costa, utilizaron bloques de sosa para sujetar las ollas sobre la arena. La sosa y la arena se fundieron por el calor y se convirtieron en un material pétreo duro y brillante, dando lugar al vidrio. Realmente, Plinio el Viejo hacía referencia al siglo I a.C., fecha muy posterior a las primeras evidencias humanas de utilización documentada del vidrio durante el periodo Neolítico.



vidrio



propiedades

características

Composición

En general está compuesto por varios materiales de origen mineral que se fusionan a altas temperaturas como la arena de cuarzo de sosa, la cal, los óxidos de magnesio o incluso de aluminio.

Reciclaje

Es un material que se puede reciclar infinitas veces y con gran facilidad. Existen tipos de vidrios cuyo proceso de reciclado puede ser más laborioso por su composición y mezcla con otros materiales, como es el caso de espejos, vidrios ventana, focos y algunos tipos de vidrios templados.

Color

Es consecuencia de las mezclas con otros materiales en el momento de su fusión. Con óxido férrico se consigue el color amarillo; el granate con óxido de cobalto y manganeso; el azul con óxido ferroso, cobre o cobalto.

Textura y brillo

Su textura es consecuencia de la técnica de fundición y fabricación, del enfriamiento y del pulido o tratado posterior. La textura varía el brillo del vidrio.

Maleabilidad

Es maleable únicamente en su etapa de fundición, donde podrá ser sometido a cuatro procesos diferentes: prensado, soplado, estirado y laminado.

Dureza

Tiene una dureza de 470 HK (el cuarzo 800 y el diamante, 8.000). Se ablanda aproximadamente a partir de los 730° y tiene una resistencia a la compresión de entre 800 y 100 megapascales.

Conductividad térmica

El vidrio goza de gran capacidad de transferencia de la temperatura y conduce tanto el frío como el calor de igual manera.

Resistencia eléctrica

En condiciones normales, el vidrio es uno de los mejores aislantes eléctricos conocidos.

Densidad

Aunque depende de los materiales utilizados en su fabricación, la densidad del vidrio es aproximadamente de 2,5 kg/m².

Resistencia a la corrosión

El vidrio tiene una alta resistencia química a la corrosión, por lo que es utilizado con frecuencia en laboratorios químicos. Solo hay cuatro sustancias capaces de romper el vidrio químicamente: el ácido hidrofúorídrico, el ácido fosfórico de alta concentración y las concentraciones alcalinas y el agua a altas temperaturas.

A lo largo del tiempo

Prehistoria

100.000 años



La obsidiana es una roca volcánica formada por el enfriamiento rápido de la lava. Su estructura vítrea y facilidad para la talla ha motivado que se use para fabricar herramientas de corte y objetos de adorno desde la Prehistoria.

Obsidiana

La utilización de la obsidiana es el primer hito del uso de vidrio. En el Paleolítico este mineral conocido como vidrio volcánico se utilizó para fabricar lascas y otras herramientas de piedra. Su fractura concoidea y su dureza motivaron que durante el Paleolítico superior se generalizara su uso en los territorios con volcanes para fabricar cuchillos y puntas de flechas.

año 8000 a.C.



Mesopotamia

El vidrio surge en Mesopotamia alrededor del año 5000 a.C. La fundición de arenas y otros materiales silíceos dio origen a pequeñas piezas de vidrio que fueron agujereadas para fabricar pequeñas cuentas de collar. A partir de ese momento, se empezaron

Cerámica Jōmon. El vidrio y la cerámica han tenido un desarrollo paralelo en la historia de la humanidad. Los restos de recipientes cerámicos más antiguos localizados en Japón son de finales del Paleolítico -hace 13.000 años- y pertenecen a la cultura Jōmon. Esta cultura perduró hasta el 2500 a.C.



Polvo de silicio

Chogha - Zambil

En el zigurat iraní de Chogha-Zambil, un templo piramidal declarado Patrimonio Mundial por la UNESCO en 1979, se han localizado restos de vidrios con más de 4.000 años de antigüedad. Los análisis realizados determinaron que el vidrio contiene calcita, cristobalita y yeso.

Egipto

Los artesanos vidrieros de la civilización egipcia elaboraron recipientes de vidrio con fines suntuarios y cosméticos, además de pequeñas urnas de ámbito funerario. Hace unos 5.000 años, el vidrio era considerado un material lujoso y muy apreciado por los faraones,

que prácticamente monopolizaban toda la producción. Los hornos y talleres de vidrio tenían una ubicación específica en las ciudades egipcias, en zonas cercanas a los suntuosos palacios de los gobernantes. Los cosméticos suponían un importante volumen de las transacciones comerciales egipcias.



Vidrio Egipcio

a controlar los procesos de fundición para crear nuevas texturas, colores y brillos. Las piezas de ornamento personal e institucional, como cuentas de color, amuletos y recipientes de vidrio, comenzaron a ser consideradas elementos de gran valor.

año 2.000 a.C.

Tiro y Sidón

Hacia el 1800 a.C. destacaron los centros productivos de Tiro y Sidón, en el actual Líbano. Su industria del vidrio era muy potente, por lo que la demanda de materiales para su fabricación era muy elevada. Según los restos arqueológicos encontrados en las zonas de los talleres en los años 70 del siglo XX, tenían separadas varias toneladas de vidrios rotos, clasificados por colores para su reutilización.

A lo largo del tiempo Edad Antigua Edad Media

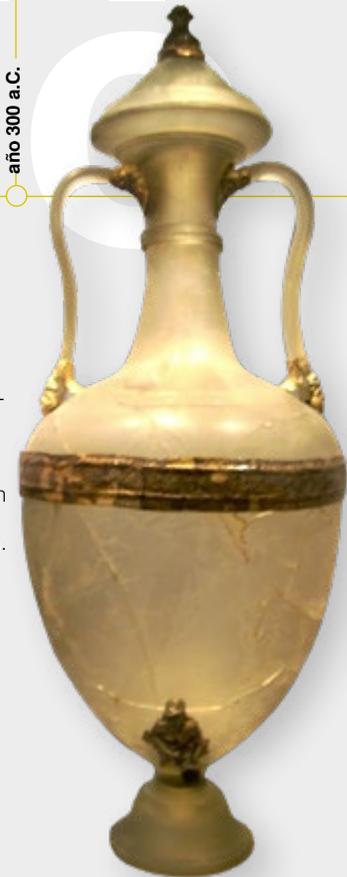
año 700 a.C.

Vidrio mediterráneo

La expansión del vidrio por el Mediterráneo fue generalizada a partir del siglo VI a.C. Fue un material muy valorado por griegos, etruscos y cartagineses, sobre todo para recipientes y ungüentarios decorados. Las formas y decoraciones seguían los modelos estilísticos de las cerámicas de cada civilización.

Recipiente de vidrio de época griega.

año 300 a.C.



año 100

Vidrio hueco

El soplado de vidrio fue descubierto en el siglo I a.C. en la costa fenicia. Esta técnica permitía fabricar vidrio hueco, por lo que fue considerada la innovación técnica más importante en este campo de toda la Antigüedad. Esto permitía hacer paredes más finas y una mayor velocidad de producción con menor cantidad de vidrio, además de suponer una ampliación del catálogo de formas para crear recipientes y objetos.

año 100

Vidrio islámico

La producción de vidrio durante el primer milenio de nuestra era se servía principalmente de la importación de vidrio primario de Oriente, aprovechando el comercio del Mediterráneo. Aun así, hay indicios de producción de vidrios de obtención y fabricación locales en la Península Ibérica. En el siglo IX, el vidrio de Al-Ándalus, acercó las técnicas de oriente

año 700

a la parte más occidental del continente, ya que la zona andalusí pertenecía al mismo ámbito socio-cultural y religioso que Persia, Siria o Egipto. El taller murciano de Puxmarina, del siglo XII, producía dos tipos de vidrios: los fabricados a partir de cenizas sódicas, al estilo oriental y los de alto contenido en óxido de plomo, añadido durante el proceso productivo para aumentar su índice de refracción y mejorar su transparencia.

Recipiente de vidrio nazari de la Alhambra de Granada.



Cristal Millefiori

Técnica millefiori

La técnica del vidrio mosaico o *millefiori*, típico de la ciudad de Alejandría, alcanzó su máximo apogeo en el siglo II a.C., cuando se exportó a la zona del Peloponeso y a la Península Itálica. La técnica *millefiori* consiste en la decoración de piezas de vidrio con secciones de barritas de cristal coloreadas, fundidas y trabajadas juntas para dar lugar a formas geométricas o florales.



Copa de Munich. Vidrio romano del siglo IV a.C.

Vidrio para todos

En la sociedad romana del siglo I d.C. el uso del vidrio dejó de estar reservado a los círculos de lujo. Se incorporó al ámbito doméstico, sustituyendo a recipientes de metal o cerámica, en forma de vasos, pequeñas ventanas o incluso mosaicos. Aparte de los vidrios coloreados o incoloros, los

romanos produjeron un tipo de vidrio que siguió siendo accesible para poca gente, como el vidrio de pan de oro. Esta fusión decorativa de oro y vidrio nacido en la Grecia helenística y utilizado para decorar bordes y paredes de recipientes de vidrio, supuso una de las producciones más cotizadas por las clases pudientes del imperio.

año 1000

A lo largo del tiempo
Edad Media

vidrio

Vidrio plano

El vidrio plano, aquel formado por láminas sobre superficies estañadas o moldes, no fue utilizado masivamente hasta el siglo XII. En Europa, la producción de este vidrio amplió sus usos para cerramientos de vanos y ventanas y se fue incorporando al mundo arquitectónico de manera habitual. Comenzó a ser utilizado para la transformación simbólica de la luz y como complemento para conjuntos artísticos de carácter pictórico o escultórico. Las ventanas de vidrio plano permiten mejor cerramiento térmico y acústico

Vidrieras

La unión de vidrios planos coloreados con redes de emplomados permitió crear las grandes vidrieras románicas del siglo X. Esta técnica alcanzó su plenitud durante la eclosión del Gótico Europeo en centurias posteriores, llegando a conformar paredes enteras y ser la obra principal de grandes edificios góticos, como la Sainte-Chapelle. Esta iglesia parisina posee ventanales vidriados de más de 15 metros de altura, que le otorgan una luminosidad, un colorido y una belleza impensables en otro material en la época.



Vidrieras de la Sainte-Chapelle de París del siglo XIII



Lámparas de vidrio

En el mundo islámico, el vidrio jugó un papel destacado en la arquitectura, la iluminación, la cosmética y el ajuar personal. Sobre todo, son reseñables las lámparas de Madinat al-Zahra, de producción andalusí y construidas con asas para ser trasladadas entre las diferentes estancias; así como los vasos de vidrio tallados, importados de talleres del norte de África y con decoraciones vegetales.

Lámparas de vidrio nazaríes.

año 1300

Cristal de Murano

Los centros de producción de vidrio orientales se vieron desbancados por los italianos en el siglo XIII. En Venecia, la organización gremial hizo que a partir de 1224 se mejoraran las fábricas y se avanzara en el cuidado secreto del oficio vidriero, destacando en la fabricación de vidrio opal blanco. En 1291, los talleres fueron trasladados a Murano, una de las islas del archipiélago veneciano, donde el negocio vidriero se vio beneficiado por la potente flota comercial de la zona.

Vaso de vidrio opal blanco veneciano.



año 1400

Lentes y presbicia

La mayor aplicación científica del vidrio hasta la fecha fue la óptica. Si en el siglo I a.C. Cicerón se lamentaba de que no podía leer por sí mismo y la incomodidad de recurrir a lectores, no fue hasta el siglo XIV cuando llegó la solución a problemas como la presbicia. En el 1.300 se crearon las primeras lentes para corregir ese defecto de visión cercana.

Fueron armadas sobre una montura monocular y su uso se extendió impulsado sobre todo por clérigos y comerciantes, necesitados de buena visión para llevar a cabo sus labores diarias de lectura y contabilidad.

Detalle del retablo de la iglesia de Wuldungen, obra de Conrad Von Soest, de 1403, con la representación de gafas más antigua.

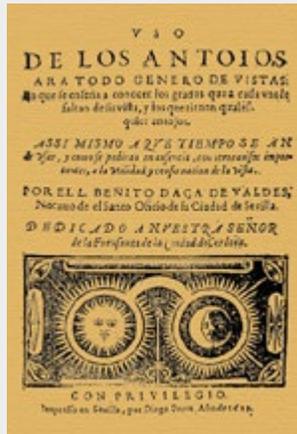


año 1500

A lo largo del tiempo Edad Moderna Edad Contemporánea

Anteojos

En el siglo XVI se fabricaron las primeras lentes cóncavas para corregir la miopía. En 1623, el español Benito Daza de Valdés escribió el libro conocido como *El uso de anteojos*, obra que trataba sobre la corrección de los distintos defectos visuales. Su obra forma parte del gran número de estudios de óptica de esa centuria. Científicos como Copérnico, Kepler, Galileo o Newton, trabajaron con diferentes tipos de lentes para sus investigaciones.



El uso de los anteojos de Benito Daza de Valdés de 1623.

Los Borbones y el vidrio

La Ilustración francesa de inicios del siglo XVIII potenció decisivamente el gusto por el vidrio de los borbones, lo que favoreció la aparición de la industria vidriera en Francia y España. Así surgieron fábricas como la Real Fábrica de Vidrios y Cristales de la Granja, en el municipio segoviano del Real Sitio de San Ildefonso.



Lámpara de la Real Fábrica de Cristales de La Granja de San Ildefonso, Segovia.



Anton Van Leeuwenhoek inventó el primer microscopio en el siglo XVII.

El primer microscopio

La mayor revolución científica derivada de la óptica fue la invención del microscopio. Fue inventado por el comerciante de telas holandés Anton Van Leeuwenhoek en la década de los 60 del siglo XVII. En un principio, era una pequeña placa metálica con una lente y una pequeña sujeción para poder ver la calidad de las fibras de un tejido, pero su curiosidad le llevo a visualizar y describir pequeñas partes de animales y plantas, así como fluidos microscópicos como el semen. Leeuwenhoek es considerado como el padre de la microbiología.

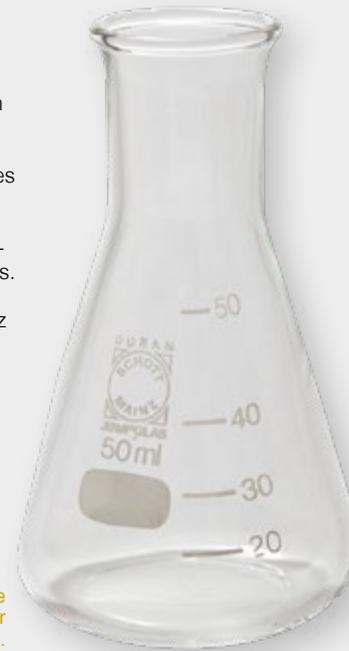
año 1600

año 1800

Matraces, probetas y pipetas

A lo largo de los siglos XVIII y XIX, el vidrio se convirtió en un material indispensable para la química, la medicina y las farmacéuticas. Por sus cualidades dieléctricas y su resistencia a las altas temperaturas, se comenzó a utilizar sistemáticamente en todos los laboratorios. En 1861, el químico germano Emil Erlenmeyer creó el matraz que lleva su nombre, el frasco de vidrio presente hasta hoy día en laboratorios de física y química de todo el mundo.

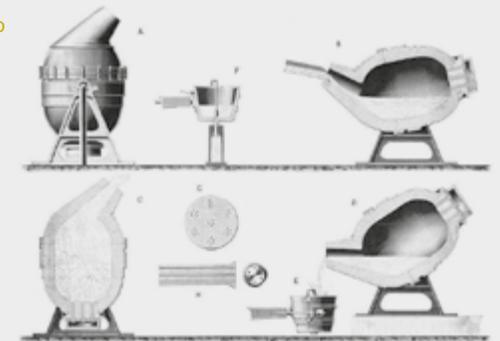
El matraz de Erlenmeyer se inventó en 1861.



Vidrio por extrusión

El vidrio plano se fabricó por soplado y estirado hasta el siglo XIX. Con la revolución industrial, se comenzó a trabajar por extrusión, estirándolo en cilindros de más de 2 metros con rodillos mecánicos. Esto

Técnica Bessemer para el mecanizado del vidrio.



Vidrio, carbón y petróleo

La fusión del vidrio fue durante siglos una labor artesanal, que se vio modernizada y mecanizada durante la Revolución Industrial. Desde finales del siglo XVIII y, sobre todo, durante todo el siglo XIX se mejoraron los sistemas de fusión y comenzaron a usarse nuevos combustibles, con mayor poder calorífico. El uso del carbón y, fundamentalmente, de la hulla, permitió progresar en los sistemas de fusión y conseguir un vidrio de mayor calidad. Posteriormente, durante la primera mitad del siglo XX, paulatinamente estos combustibles serían sustituidos por el petróleo, y se desarrollaría el gran salto industrial en la fabricación de envases mediante la mecanización completa del proceso y la fabricación a gran escala.

hizo posible la creación de vidrios de gran tamaño y grosor, aunque este método causaba taras en el vidrio, como las burbujas de aire que provocaba en su interior. El método de mecanizado de vidrio plano fue patentado por Henry Bessemer en el año 1848.

año 1900

A lo largo del tiempo Edad Contemporánea

Art Nouveau y Modernismo

Bajo la influencia de las corrientes artísticas del Art Nouveau y el Modernismo, en las primeras décadas del siglo XX creció el prestigio de los cristales de plomo incoloro y de exquisita transparencia, generalmente decorados con dibujos grabados. En la década de 1960, se inició una nueva época en la elaboración del vidrio liderada por el artista estadounidense Harvey Littleton y el científico industrial Dominick Labino. Ambos comenzaron a experimentar con el vidrio soplado como medio artístico en pequeños hornos instalados en sus estudios, llegando a ser dos referencias en el dominio artístico y estilístico del vidrio.



La obra de vidrio Break Through Gold Eilings de Dominick Labino fue presentada en la Galería Renwick en 1980.

Vidrios irrompibles

Los primeros vidrios resistentes a los cambios bruscos de temperatura fueron patentados en 1915. Desde finales del siglo XIX, la empresa Jenaer Glaswerk Schott & Gen había desarrollado nuevos tipos de vidrio con tratamientos químicos o térmicos que aumentaban su resistencia. Conocidos por sus nombres comerciales, como *Blindex* o *Pyrex*, contaban con la ventaja de romperse en trozos pequeños granulares, reduciendo el riesgo de lesiones.



Jarra medidora de Pyrex, década 1980.

año 1960

Espejo lunar

El 16 de julio de 1969, la misión espacial tripulada estadounidense Apolo 11 fue enviada a la Luna. Unos días después, el 21 de julio, dos astronautas, Neil Armstrong y Buzz Aldrin, fueron los dos primeros seres humanos en pisar el satélite. Tras varios experimentos, abandonaron el lugar dejando allí un panel de 60 cm de ancho recubierto por 100 espejos apuntando a la Tierra. Conocido como matriz retro reflectora de medición láser lunar, se trata del único experimento de la misión que aún sigue en uso hoy día. Este aparato permite medir pulsos láser enviados desde la Tierra y su regreso, calculando la distancia entre ambos cuerpos celestes con gran exactitud.



año 2010

Gorilla Glass

Las pantallas de la cuarta parte de smartphones y tabletas existentes en el mundo cuentan con un tipo de vidrio sintético de alta resistencia denominado Gorilla Glass. En 2016 se presentó Gorilla Glass 5, capaz de soportar el 80% de las caídas desde 1,6 metros de altura. Su fabricante, Corning Inc., desarrolló poco después el Gorilla Glass SR+ para smartwatches, con una resistencia un 70% superior al cristal de cuarzo.



Privalite

Aunque el vidrio es un material aislante de la electricidad, el ser humano ha logrado crear vidrios eléctricos inteligentes. El más conocido, el *Privalite*, es un vidrio inteligente que cambia de transparente a opaco con solo pulsar un botón. Este vidrio laminado está compuesto de dos hojas incoloras entre las cuales flota una película de cristales líquidos que se alinean y oscurecen la composición cuando atraviesa una corriente eléctrica. Sus aplicaciones son domésticas, relacionadas con la privacidad, puesto que es poco resistente a la radiación ultravioleta.



**“Temblor de cristales;
escalofrío de la casa”**

Ramón Gómez de la Serna
Escritor y periodista español

1 Composición, características y tipos

El vidrio es un material inorgánico duro, frágil y transparente, con tonalidades variables de opacidad y colorido según su composición química específica. Es un material escaso en estado natural, apareciendo como obsidiana, una roca ígnea transparente. Para poder cubrir sus necesidades, la humanidad ha tenido que sintetizarlo artificialmente fundiendo a más de 1.500° arenas ricas en sílice y sus óxidos, carbonatos sódicos y caliza. A lo largo de la historia, el reciclaje del vidrio ha sido bastante común, triturando los restos de envases y convirtiéndolos en calcín, que, añadido a la mezcla anterior, permite el reciclaje del 100% de cualquier vidrio artificial.

El vidrio es un material de alta estabilidad. Soporta muy bien las condiciones de frío o calor, es inerte e inalterable y tiene una gran resistencia a los agentes atmosféricos y químicos.

Aunque suele utilizarse la denominación de 'cristal' como sinónimo de vidrio, es químicamente incorrecto. La estructura sólida del vidrio es amorfa, puesto que sus moléculas no están dispuestas de forma regular, que es lo que caracteriza a los cristales.

Existen muchas clases de vidrio, con diferentes características según su composición y formación químicas o sus capacidades físicas, como su resistencia o su dureza. Gracias a su variedad, el vidrio se puede utilizar en numerosos ámbitos de nuestra vida cotidiana. Según la tipología de su proceso de fabricación, los principales tipos de vidrio son:

Vidrio soplado: técnica basada en la fabricación de objetos y envases de vidrio soplando aire dentro de una pieza de material vítreo fundido. De gran versatilidad, este es el proceso más utilizado para la fabricación de botellas y otros envases con ayuda de moldes metálicos y cerámicos.

Vidrio flotado

Tipo de fabricación consistente en hacer flotar vidrio fundido sobre una capa de estaño fundido, proporcionando un grosor uniforme y plano al vidrio. Es el más utilizado en la construcción y suele ser conocido como vidrio plano, aunque, como se ha comentado con anterioridad, también se pueden obtener vidrios planos por extrusión y aplastado. También es el tipo de vidrio con el que se construyen los espejos, vidrios planos con una capa metálica o de otro material metalizado en una de sus caras.

Vidrio armado

Obtenido por proceso de colado, es aquel vidrio combinado con una malla metálica que, en caso de rotura, minimice el desprendimiento de fragmentos. Su uso se ha visto desplazado por otras técnicas, aunque sigue vigente. Su principal debilidad era la mala resistencia a los cambios de temperatura de la malla metálica, que podía fracturar el vidrio al dilatarse.

Vidrio laminado

Combinación de láminas de vidrio con películas de materiales plásticos translúcidos. En caso de fractura, la capa plástica evita desprendimientos de fragmentos, por lo que es óptima para aumentar la seguridad en vehículos y cristaleras.

Vidrio templado

Utilizado principalmente en seguridad y protección, se trata de un tipo de vidrio fabricado con procesos térmicos y químicos que aumentan su resistencia.

Vidrio aislante

Vidrio dispuesto en láminas separadas por cámaras de aire o gas inerte herméticas. Este vacío mejora las prestaciones del vidrio, dotándole de gran capacidad de aislamiento térmico frente a las temperaturas extremas, alto aislamiento acústico y resistencia a la humedad.

Vidrio soplado

Esta técnica descubierta en las costas orientales del mar Mediterráneo sobre el 200 a.C. se extendió de la mano del Imperio Romano y permitió la producción masiva de botellas y otros recipientes.



2 La cerámica y el vidrio

La cerámica fue precursora del vidrio como material utilizado para la fabricación de envases. Ambos materiales han ido de la mano cubriendo esa necesidad, alternándose o complementándose según la cultura. La primera producción cerámica de la que tenemos constancia proviene de China del yacimiento de la cueva de Yuchanyan en Hunan y tienen una antigüedad de 18.000 años.

El proceso de sedentarización neolítico trajo consigo la ganadería y la agricultura, lo que generó excedentes de producción que había que guardar, transportar y conservar para administrar su uso hasta la siguiente cosecha. Para el transporte y la alimentación, la humanidad desarrolló envases y recipientes cerámicos que sustituyeron a las cestas de pieles y fibras vegetales creados por los grupos cazadores y recolectores paleolíticos. El avance de la vajilla cerámica acabó con los cuencos de madera, de barro no cocido y de piedra. Posteriormente, el vidrio comenzó a ser el material predominante para los vasos y botellas, así como para algunas vajillas.

La gran diferencia entre la cerámica y el vidrio es su proceso productivo. Ambos están hechos por unión de materiales, pero mientras que la cerámica es barro cocido para ser endurecido, el vidrio presenta su dureza característica al enfriarse. Los procesos para dar forma a la cerámica son el moldeado o el torneado, mientras que los del vidrio son el soplado o el extrusionado. La arcilla se puede decorar en crudo o vidriar posteriormente, fusionando ambos materiales. Esta última técnica se conoce como cerámica vidriada o esmaltada. Este esmaltado consiste en la aplicación de una solución de óxido de plomo tras una primera cocción para



Reproducción de la **vasija china** de Yuchanyan de hace 18.000 años.

dotar de colorido y brillo vítreos a una pieza. En el segundo horneado, la sílice de la arcilla y el óxido de plomo reaccionan creando una película vidriosa transparente o colorida, si se amalgama con otros óxidos: el rojo con el óxido de hierro, el verde con el de cobre, el azul con el de cobalto o el turquesa con sulfato de cobre.

Esta técnica de cerámica vítrea, también conocida como terracota esmaltada, hunde sus orígenes en la China del siglo II a.C., llegando a Europa en época romana. Hay testimonios anteriores en el Oriente Próximo, como la cerámica de Babilonia de la Puerta de Ishtar, del siglo VI a.C. Pero sin duda, fue en el arte islámico donde esta disciplina alcanzó sus más altas cotas de belleza con el origen del azulejo para el embellecimiento interior y exterior de las edificaciones.

Impermeabilidad

Esta es una de las características principales de la cerámica que permitió la conservación y el transporte de líquidos antes del desarrollo del vidrio.

3 Las vidrieras: arte y funcionalidad

La eclosión de una nueva cultura urbana en el siglo XII supuso la consolidación de las grandes ciudades en Europa. Los excedentes agrarios favorecieron el comercio y con ello la aparición de los gremios. La reorganización urbanística para dar cabida a los nuevos oficios vino acompañada de un nuevo estilo artístico, el gótico: una nueva forma de expresión que alteró la morfología y el paisaje urbano desde la arquitectura. Este nuevo arte, de origen francés, apostó por avances técnicos que permitieron construir edificios más altos y cuya estructura tectónica no descansaba en grandes muros, sino en pilares, columnas y arbotantes. Las nuevas construcciones permitieron la ausencia casi total de paredes, lo que favoreció la búsqueda de la luz como mensaje divino. De esta concepción surgió la solución técnica perfecta para aunar funcionalidad y simbolismo: las vidrieras.

Los vitrales, hechos de trozos de vidrio coloreado y una estructura metálica, se adaptaban perfectamente a los grandes ventanales, rosetones e incluso, en las últimas etapas, podían sustituir a paredes completas. Destacaron en su cromatismo los colores vivos, con predominio de azules y rojos, seguidos de amarillos y verdes. Fue un arte de tipo figurativo con fondos monocromos y con escenas de carácter sacro.

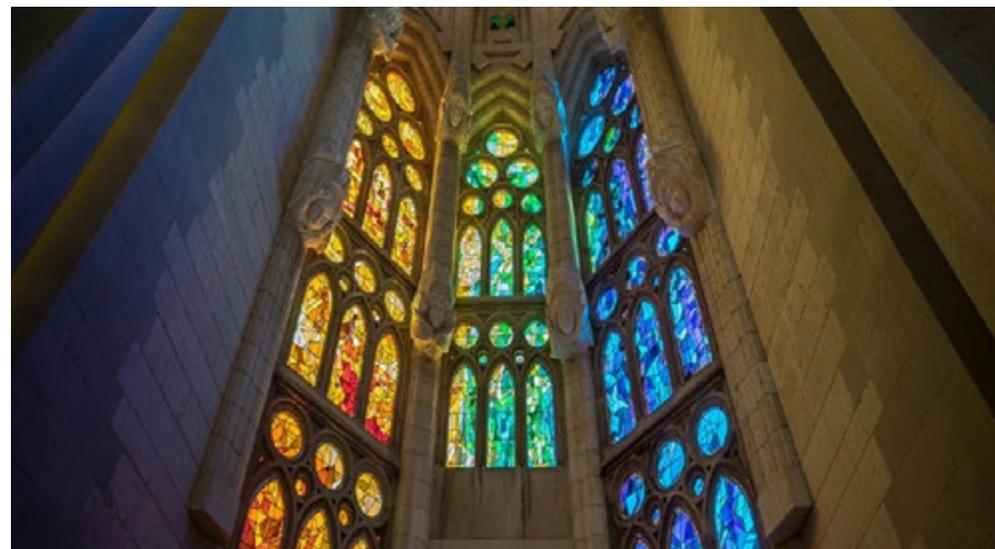
Según fue avanzando la técnica de los artesanos vidrieros, utilizaron vidrios cada vez más pequeños, favoreciendo un mayor desarrollo de la policromía y un dibujo cada vez más sutil y decorativo en las vidrieras de menor tamaño. Las más grandes, irán ampliando progresivamente las figuras y los vidrios para poder ocupar mayores espacios de cerramiento, sobre todo a partir del siglo XIII.

El desarrollo del arte vidriero perduró hasta el siglo XVI, re-

Gaudí

El vidrio y la luz son dos conceptos indisolubles que encuentran su máxima expresión en la composición de color y diseño de las vidrieras. La obra modernista de Antoni Gaudí es una magnífica muestra del uso del vitral como medio para dar vida a la luz en el arte, a través de la arquitectura. Gaudí utilizó la naturaleza como

fuente de inspiración, retornando a los orígenes, y buscó el poder de la luz como elemento central de su obra. Las vidrieras se manifestaron en muchos de sus edificios como verdaderos elementos organizadores de los espacios, basándose en el dominio de este genio sobre la influencia de la luz en la arquitectura.



surgiendo con fuerza en el siglo XIX, con movimientos como el Art Nouveau y el Art Decó, que lo rescataron para el ámbito de la arquitectura y lo introdujeron en el de la decoración a través de cuadros, lámparas e incluso joyas y lo despojaron de su carga religiosa. Este movimiento aunó las vanguardias artísticas con la investigación tecnológica, experimentando con la introducción de nuevos vidrios y técnicas, con el americano Louis Comfort Tiffany como mayor exponente creativo y de diseño. La temática de estos nuevos vitrales estaba basada en formas de la naturaleza, como plantas, flores, insectos y animales, pero también con composiciones abstractas y poligonales. El Art Decó en particular enfatizó la funcionalidad y el desarrollo del vidrio como elemento decorativo.

Vidrieras de la Sagrada Familia de Barcelona ideadas por Gaudí y ejecutadas por Joan Vila-Grau.

4 Envases y reciclaje

El vidrio es sin duda el material más relacionado a lo largo de la historia con la fabricación de envases alimentarios. Sus combinaciones y derivados forman parte de vajillas, botellas, frascos, tarros y botes de conservas. Su impermeabilidad, su resistencia a las bacterias y su falta de reactividad -que evita que pueda alterar el olor, el gusto o la composición de los alimentos y bebidas- lo convierten en el material más adecuado para este tipo de usos. Su maleabilidad en el proceso de fundido permite además la versatilidad de formas en envases y continentes, así como cambios en la coloración del vidrio, que pueden mejorar su resistencia a la luz exterior.

El proceso de fabricación de los envases se inicia con la mezcla de las materias primas, combinando la sílice, la sosa, la cal y otros elementos minoritarios en la composición que permiten colorear el vidrio. A estos se añade el calcín -el casco de vidrio limpio molido para ser reutilizado en nuevos envases-, y se introduce la mezcla en hornos de fusión que permiten obtener el material. Una vez que se forma el vidrio y alcanza las adecuadas condiciones de viscosidad, se canaliza hacia la conformación del envase mediante gotas que son moldeadas para fabricar diferentes formatos. Obtenido el envase deseado, este es sometido a diferentes tratamientos superficiales, tanto en caliente, como posteriormente en frío, para conseguir la calidad adecuada final.

Una de las grandes ventajas de este material es que todos los envases pueden reutilizarse, dado que el vidrio es un material completamente reciclable. Cualquier tarro, botella o recipiente de vidrio es fácilmente retornable y susceptible de integrarse de nuevo en los procesos productivos. Hoy en día, el vidrio de hecho está considerado como uno de los pilares de la economía circular, inspirando las corrientes de mejora



del medioambiente y la sostenibilidad en la industria mundial. Los envases ya usados permiten crear uno similar sin pérdida de calidad o de cantidad de manera infinita. Además, su proceso de reciclado es el mismo que el de fabricación, partiendo de la composición, su posterior fundido y el tratamiento final, por lo que todos los envases se mantienen inalterables uso tras uso.

Vidrio y ahorro energético

Se estima que, en términos de eficiencia energética, si se introduce un 10% adicional de calcín en el proceso de fusión se ahorra aproximadamente un 3% de la energía necesaria para transformar las materias primas en vidrio y se reducen un 5% las emisiones de CO² a la atmósfera. Los principales fabricantes de vidrio actualmente consideran que con la energía que se ahorra en el reciclaje de una botella es posible mantener encendida una bombilla de 100 vatios durante 4 horas.

5 Química y microscopía

El vidrio es uno de los materiales más utilizados en el mundo de la investigación química. Con frecuencia, se usan en este campo útiles y objetos elaborados con este material, habitualmente denominados como vidriería de laboratorio. Una de sus principales funciones es la medición de volúmenes con gran precisión, por lo que suelen ir graduados con marcas exteriores. En este caso, se suele denominar material volumétrico. El vidrio es un material refractario, resistente al calor. Entre los de este tipo, destaca el vidrio borosilicato, resistente a los agentes químicos y con un bajo coeficiente de dilatación, lo que permite colocarlo en el quemador Bunsen (el tipo de mecheros de laboratorio más común) para calentar o favorecer la combustión de muestras o reactivos. Matraces, placas Petri, embudos de decantación, balones de destilación, pipetas y probetas están hechas de vidrio por sus cualidades de resistencia y baja reactividad.

El vidrio está presente también en las lentes ópticas del microscopio, la invención que hizo posible la microbiología, el análisis visual de elementos y sustancias invisibles al ojo humano. Desde las lentes que permiten observar con aumentos hasta las láminas portaobjetos donde se colocan las muestras, el vidrio forma parte fundamental de la óptica de laboratorio. El origen etimológico de la palabra microscopio viene del griego, micros, pequeño y skopéo, mirar. Se trata de un descubrimiento de época moderna que revolucionó los mundos de la química y la biología. Gracias a él, se descubrió la existencia de células.

A mediados del siglo XVII, el científico inglés Robert Hooke observó con una lente un corte de corcho y descubrió unas cavidades de pequeño tamaño a las que llamó células, por su forma de celdilla. En realidad, eran células muertas. Años

Instrumental del laboratorio

El desarrollo de la Química a partir del siglo XVIII desencadenó que los laboratorios comenzaron a llenarse de instrumentos de vidrio. Su resistencia al calor así como su transparencia motivó que las probetas, matraces y pipetas se fabricaran en este material.

después, el biólogo italiano Marcello Malpighi logró observar las primeras células vivas con una técnica similar. No fue hasta la invención del primer microscopio por parte de Anton Van Leeuwenhoek cuando se vieron y describieron por vez primera bacterias, protozoos, espermatozoides y glóbulos rojos. Los estudios de dispersión y refracción de la luz permitieron a científicos como Isaac Newton, mejorar la ciencia microscópica hasta llegar a los 1.000 aumentos, el máximo posible con luz visible.

La invención en 1931 del microscopio electrónico, diseñado en Alemania por Ernst Ruska y Max Knoll, permitió ampliaciones ópticas mayores. Los microscopios electrónicos utilizan electrones en lugar de fotones -luz visible- para enfocar la muestra, alcanzando más aumentos por la menor amplitud de onda de los electrones y sus propiedades ondulatorias. Este tipo de microscopios pueden conseguir hasta 100.000 aumentos.



Microscopio Stanley,
Inglaterra, 1870.

6 Las nuevas aplicaciones del vidrio



En el siglo XXI, la investigación de las propiedades del vidrio busca formulaciones novedosas para la adaptación del ser humano a las necesidades actuales. Los principales estudios actuales sobre el vidrio tratan de encontrar nuevas propiedades ópticas, eléctricas, mecánicas, químicas y de conductividad química del vidrio.

El vidrio es un producto de gran relevancia para los campos de la industria, medicina, decoración, construcción, seguridad, transportes y comunicaciones. La cantidad de productos y modelos de vidrio es enorme: vidrios dieléctricos, antisolares, armados, templados, laminados, curvos, fotosensibles, vitrocerámicas, fibra de vidrio, antiabrasión, espejos o vidrios autolimpiables o antivaho son algunas muestras de todo lo que abarca este material. El vidrio no solo es 100% reciclable y reutilizable, sino que, gracias a los vidrios fotovoltaicos, en la actualidad este material ayuda a convertir la energía solar en eléctrica.

Igualmente, el vidrio tiene un papel esencial en las modernas

técnicas de comunicación digital, ya que es un componente esencial de la fibra óptica mediante la que navegamos por la red y estamos permanentemente conectados al mundo online. Las pantallas táctiles de cualquier dispositivo móvil, así como televisiones y otros reproductores igualmente dependen de este material para su fabricación. La mayor parte de elementos de comunicación integran, de hecho, el vidrio como parte esencial de sus elementos.

Actualmente se desarrollan cada vez con mayor celeridad los vidrios inteligentes -smart glass- que permiten maximizar la luz natural, regulando su grado de transparencia y traslucidez según las condiciones de cada momento. En este tipo de investigaciones se están incorporando nuevos materiales que, mediante nanopartículas, permiten aumentar la resistencia del vidrio al tiempo que reducen considerablemente su peso. Asimismo, se combina e integra el vidrio con sistemas de iluminación artificial que permiten conjugar las posibilidades de la influencia de la luz en cada espacio.

vidrio

Bibliografía

Alonso Abad, M^o.P. *Las Vidrieras de la Catedral de Burgos*, CSIC, Castellón, 2016. 210 p.

Alonso Abad, M^o.P. "La vidriera contemporánea en Burgos a partir del último tercio del siglo XX", *Pvichrum scripta varia in honorem M^o Concepción García Gainza*. Gobierno de Navarra (Departamento de Cultura y Turismo) y Universidad de Navarra. Navarra, 2011, pp.51-60.

Alonso Abad, M^o.P. "Las vidrieras de la catedral de Salamanca. Nuevas luces para un nuevo templo", *La Catedral de Salamanca. Nueve siglos de historia y arte*, Burgos, 2012, pp. 347-370.

Bueno, L.P. *Vidrios y vidrieras. Artes decorativas españolas*, Editorial Maxtor, 2006. 277 p.

Castro Soto, P. Lamprea León, M^o.A. (2017). *Una historia de arena, fuego y aire: entre las artes y los oficios del vidrio*, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 77 p.

Fernández Navarro, J.M^o. Fernández, *El vidrio*, Editorial CSIC-CSIC Press, 2003. 720 p.

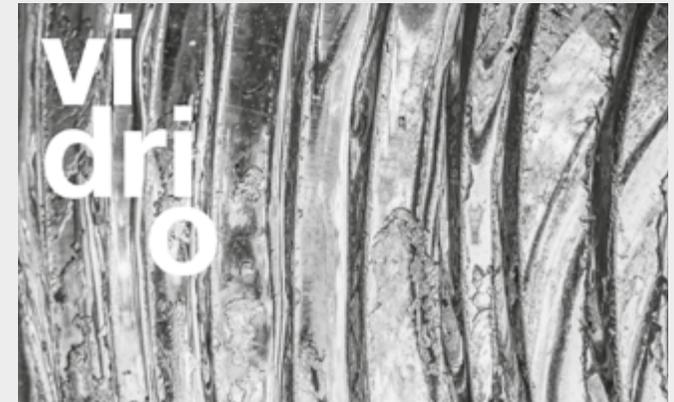
García-Heras, M; Fernández Navarro, J.M^o; Villegas Broncano, M^o.A. *Historia del vidrio: desarrollo formal, tecnológico y científico*, Cyan, Proyectos Editoriales, SA, 2012. 334 p.

López, T.; Martínez López, A., *El mundo mágico del vidrio*, Fondo de Cultura Económica, 2012. 142 p.

Planell, L. *Vidrio. Historia, tradición y arte*, 1948. 392 p.

Sorroche Cruz, A; Dumont Botella, A, "Historia del vidrio". *Técnica Industrial*, 2005, vol. 257, pp 26-33.

Recursos audiovisuales



Materiales. Una historia sobre la evolución humana y los avances tecnológicos

Vidrio
UBU



Real Fábrica de Cristales de La Granja de San Ildefonso
La Aventura del Saber
RTVE



Así se hace Vidrio
DiscoveryMax

**pa
pel**

papel

El papel es uno de los materiales que mejor sintetizan dos de las cualidades que nos diferencian como seres humanos: la inteligencia y la comunicación. Gracias al papel, hemos logrado transmitir nuestros conocimientos científicos, literarios, históricos, artísticos, geográficos, etc. Y con este material hemos sido capaces no solo de difundir y compartir la sabiduría, sino también de comunicar de forma sencilla noticias y mensajes desde la antigüedad; hemos desarrollado nuestras capacidades artísticas; hemos fabricado envoltorios y envases e, incluso, hemos dado forma en este soporte al dinero con el que pagarlos. La realidad es que este material ha cumplido la función de hacer llegar a cualquier rincón del mundo todo el conocimiento acumulado a lo largo de los tres millones de años de la historia de la humanidad.



Acorde a esta función, la aparición del papel está directamente relacionada con el surgimiento de la escritura, si bien no resolvió primitivamente esa necesidad, pues ya existían otros materiales sobre los que el ser humano había comenzado

a escribir (papiros y pergaminos). De hecho, el nombre de papel proviene de uno de estos materiales, la voz latina papyrus, que derivó en el arabismo paper. Estos primeros papeles estaban formados por fibras obtenidas de materias vegetales y telas viejas, y tardaron en consolidarse como el principal escriptorio para comunicar. Pero la llegada de mejoras técnicas hizo evolucionar su calidad y el papel comenzó a ser el medio elegido para preservar la lengua y los conocimientos de los pueblos.

Durante la Edad Antigua, se fue extendiendo desde China (origen de su uso), hasta Persia, Siria y Egipto y, poco a poco, fue haciéndose común en los países del Mediterráneo. En la Edad Media fue generalizándose su utilización en misales, documentos y comunicaciones vinculadas a la Iglesia y las innovaciones técnicas de los siglos XIII y XIV terminaron por consolidarlo. Pero, sin lugar a dudas, la llegada de la imprenta fue el gran revulsivo y el avance más importante en la historia de este material. El hito del invento de Gutenberg cambió el rumbo de la historia de tal manera que, junto al descubrimiento de América, se considera uno de los momentos de transición más emblemáticos entre la



papel



Edad Media y la Edad Moderna. De este modo, la imprenta hizo posible la expansión de la cultura de forma más rápida, barata y accesible, al acelerarse la producción de libros y popularizarse la extensión del conocimiento.

A partir de la Revolución Industrial, se comenzó a fabricar papel con fibra de celulosa de madera y agua, permitiendo una producción acorde con la creciente demanda. Durante el final del siglo XVIII y las primeras décadas del siglo XIX se registraron grandes avances en la producción de papel, lográndose el mecanizado de la producción de la pasta y la fabricación de papel continuo. La aplicación de estas innovaciones redujo enormemente el precio del papel, lo que favoreció su expansión como un producto de gran consumo. En las primeras décadas del siglo XX la producción de papel aumentó exponencialmente y, en esta misma época, la comunicación comenzó a considerarse una industria propia de gran importancia sociopolítica, de forma que el papel se convirtió en una herramienta básica para la alfabetización de las clases medias y populares.

En las últimas décadas, este material ha pasado a ser un elemento indispensable en nuestra vida cotidiana y buena parte de nuestras actividades no podrían desarrollarse sin su aportación. El papel es esencial en los campos de la educación, la comunicación, la cultura, la higiene, la sanidad, el transporte y el comercio de todo tipo. Su función de soporte de la comunicación sigue siendo básica en los libros, periódicos y revistas, aunque la aparición en el siglo XXI del mundo digital le está restando protagonismo en este campo. Sin embargo, su valor comercial en envases y paquetería ha aumentado con el comercio digital, haciendo del papel y sus derivados -como el cartón-, una herramienta imprescindible en los sistemas de transporte de mercancías. Asimismo, la menor sostenibilidad de otros materiales en lo que al envase de productos se refiere está favoreciendo el uso del cartón. Se trata de un material natural, reutilizable, reciclable y cada vez más versátil y adaptable a unas necesidades humanas en constante transformación.

papel

propiedades

características

Gramaje

El peso del papel por unidad de superficie. El gramaje no solo se usa en la industria papelera. En la mayoría de los países, el gramaje se expresa en g/m².

Espesor

Es el grosor del papel, haciendo referencia indirecta a su rigidez y estabilidad. La unidad de medida es la micra.

Rugosidad

La rugosidad es la desviación entre la lámina de papel y una superficie teóricamente plana, de forma que marca su grado de lisura. Afecta al trazo de la tinta cuando se escribe o se imprime sobre él. Esto se debe a que la tinta tiene que adaptarse a la rugosidad del papel, por lo que el resultado puede ser muy diferente según cómo sea esta característica.

Brillo del papel

Un papel puede ser brillante, mate o satinado, en diversos grados. El grado de brillo del papel depende del proceso de secado, así como de las cargas que se utilicen en su fabricación. Las cargas son productos insertos o bien en la masa de la pasta papelera o bien en el terminado superficial del propio papel para producir diversos efectos.

Volumen

El volumen indica la cantidad de aire que tiene el papel, cuanto más aire contenga más ligero será, pero ocupará más espacio.

Opacidad

Es la cualidad de impedir el paso de la luz, lo que se logra con cargas ad hoc que ocupan los intersticios entre las fibras de celulosa. Cuanta mayor opacidad, mayor será el contraste con la impresión generada. Esta cualidad es muy útil en los procesos de impresión.

Densidad

Es la relación entre el espesor y el gramaje, cuando mayor sea el gramaje y menor el espesor, mayor será la densidad.

Resistencia mecánica

Es la capacidad del papel de resistir físicamente la aplicación de determinadas fuerzas sin romperse.

Resiliencia

La capacidad del papel de recuperar su forma original luego de ser deformado.

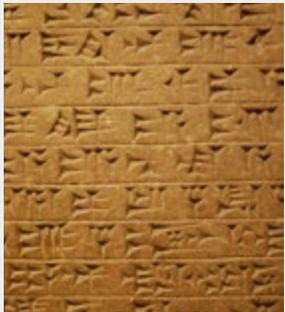
Durabilidad

Es la capacidad del papel para resistir el uso continuo y prolongado.



año 3500 a.C.

Relieve asirio con escritura cuneiforme depositado en el Museo Británico.



Escritura cuneiforme

El cambio de la Prehistoria a la Historia lo marca la existencia de documentos escritos. La escritura debe su uso a la contabilidad en el antiguo Oriente Próximo. Allí surgieron sistemas de conteo en unidades con sistemas complejos de sustitución de cantidades por símbolos. Progresivamente, se fue convirtiendo en un sistema de comunicación que cristalizó en el 3000 a.C. en la escritura cuneiforme. Esta técnica mesopotámica consistía en escribir mediante incisiones en tablillas de barro. La invención de la escritura es coincidente con el inicio de la Edad del Bronce y supuso el fin de la Prehistoria.



año 2000 a.C.

Las tintas

La tinta ha ido indefectiblemente unida al papel desde sus inicios, pero su invención es anterior. La tinta surgió en Egipto hace unos 4.000 años. Era una mezcla de óxidos y pigmentos naturales con agua que se aplicaba con cañas afiladas de palma, de ave o de bronce.



Alrededor del cuarto milenio antes de nuestra era, se desarrolló en China un tipo de tinta creada a partir de la mezcla de dos compuestos de la madera: el pigmento negro de hollín y la goma de resina. Los romanos aplicaron también estas técnicas y las desarrollaron de forma similar.

La leyenda dice que el rey Yi Wáng inventó la barra de tinta china hace 2.800 años; sin embargo se han descubierto marcas de tinta inscritas sobre huesos de buey hace más de 3.500 años.



El pergamino fue el material más usado para escribir hasta la invención del papel.

Papiros y pergaminos

El papiro fue el primer soporte vegetal utilizado por el ser humano para escribir. Se obtiene de una planta acuática del mismo nombre muy común en Egipto y otros lugares cálidos y pantanosos. Los más antiguos datan de hace 4.000 años. Los pergaminos son de origen animal y se fabricaban

con pieles de carnero, cabra, ternera u oveja. Eran muy duraderos, pero su producción era tremendamente costosa, ya que hacían falta muchas pieles para poder obtener la cantidad necesaria como para hacer un libro completo. El más antiguo conservado es el Gran Rollo de Isaías, datado entre el año 150 y el año 100 a.C.

año 100 d.C.

El origen del papel

El papel se descubrió en la China Imperial de la dinastía Han en el siglo II d.C. En un principio se utilizó como envoltorio, pero pronto se comenzó a usar como soporte para escribir y dibujar. Hasta el año de su descubrimiento, el 105 d.C. la escritura se realizaba sobre incómodas varillas de bambú o sobre caros tejidos de seda. La creación del papel a partir de un mortero de corteza de árboles, lino, cáñamo y desechos vegetales y tejidos hizo posible una nueva superficie sobre la que representar y transmitir conocimientos y mensajes.

Papel de trajo blanqueado.



año 400

A lo largo del tiempo Edad Media

Papel

El papel árabe

La expansión del papel fuera del Imperio Chino fue lenta. Hasta el siglo IV no alcanzó Japón. En el siglo VIII, llegó a Persia, Siria y Egipto a través de Samarcanda. En el 793 los árabes comenzaron a traer artesanos de China y a fabricar papel en Bagdad y Damasco, llegando a El Cairo dos siglos después y a Fez en el año 1100. El proceso de elaboración de papel de los árabes consistía en deshilar y macerar trapos en agua hasta obtener una masa homogénea, para luego filtrarla, prensarla y secarla, cubriéndola de almidón para hacerla más reactiva a la tinta.



Papel de trapo.

El papel moneda

En el año 812 se fabricaron en China los primeros "billetes" de la historia, denominados como dinero volante. La ligereza y facilidad de movimiento eran las grandes ventajas de este nuevo medio de pago,

El primer billete se creó en China a finales del siglo VII, con la finalidad de reducir la circulación de metales.

año 1000

Molino papelero

El papel llegó a la Europa cristiana a través del Al-Ándalus. Los pueblos árabes introdujeron este material y su producción en la Península Ibérica entre los siglos X y XI. En la obra del cartógrafo ceutí Al-Idrisi, conocida como Kitab Ruyar o Libro de Rogerio,



Copia de la Tabula Rogeriana realizada por Muhammad Al-Idrisi en 1154.



que representaba cantidades de dinero mediante hojas de diferentes colores. Pronto surgieron falsificadores y las primeras persecuciones de las autoridades contra estos delincuentes, cuyo delito estaba castigado con la pena de muerte.



El Misal de Silos

El documento más antiguo en papel de Europa es el Misal de Silos, un breviario anterior a 1036. Se trata de un tomo de cuartillas de 157 folios, de las cuales las 38 primeras son de papel y el resto de pergamino. En la época, aún era considerado un material de

Misal de Silos

calidad inferior al pergamino, hasta el punto de que el emperador del Sacro Imperio Romano Germánico Federico II decretó en 1221 la prohibición de su uso en documentos oficiales. La razón por la que el papel duraba menos era por el ataque de los insectos, atraídos por el almidón con el que se fabricaba.



Mosaico de Marco Polo del Palazzo Tursi

Marco Polo

Los primeros testimonios que llegaron a Europa sobre los billetes fueron obra de Marco Polo en el siglo XIII. El comerciante veneciano documentó su utilización durante sus viajes a Oriente. Aunque los primeros "billetes" que confirmaban su existencia llegaron a Europa en el siglo XIV, fueron papel moneda de la dinastía Ming y son los ejemplares más antiguos conservados.

año 1300

El papel de cáñamo

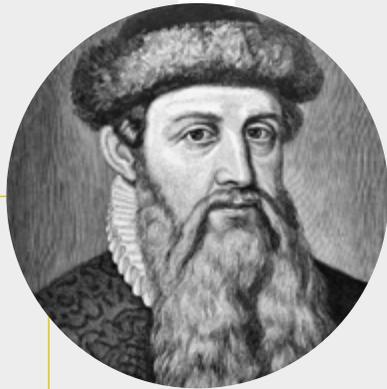
Los papeleros del pueblo italiano de Fabriano revolucionaron la producción de papel en el siglo XII, junto con otros grandes focos italianos, como Génova o Bolonia. Empezaron a fabricarlo utilizando lino y cáñamo. Mecanizaron la moledura de hilachas con martillos hidráulicos, reduciendo el tiempo de producción de la masa. Introdujeron el encolado de las hojas con gelatina animal, de mejor calidad y que repelía a los insectos. Crearon la decoración con filigranas o marcas de agua a base de líneas, producidas con hilos metálicos cosidos en las telas de las formas para hacer papel.



Sumi-e

La tinta china no salió de las fronteras de su país de origen hasta el siglo XIV, cuando llegó primero a Japón y posteriormente al resto del mundo. También llegó desde China la técnica pictórica del sumi-e, que fue adoptada por los artistas nipones, convertidos en los auténticos maestros de esta disciplina. Esta técnica era utilizada por los monjes zen para ejercitar la meditación, puesto que requería una gran dedicación para poder mostrar todos los matices del negro puro al gris más claro -que conseguían con un equilibrio perfecto entre técnica pictórica y aguado de la tinta-.

Papel



El orfebre alemán Johannes Gutenberg, que nació en Maguncia en 1400, fue el inventor de la imprenta con tipos móviles. A pesar de la importancia de sus inventos para la historia de la humanidad, murió arruinado en 1468 en la ciudad que lo vio nacer

La imprenta

En 1445, Gutenberg inventó la tipografía, del griego *tipos* -golpe- y *grafo* -escribir-; es decir, la escritura masiva a partir de tipos o piezas de letras unidas e impresas sobre una superficie. La imprenta fue el artificio con el que buscaba sustituir la lenta producción escrita manual de la época. Este invento alteró el ritmo de la historia, acelerando la producción de libros y la expansión del conocimiento. La primera imprenta consistía en una serie de piezas metálicas o tipos con letras donde se aplicaba una tinta, que se transfería al papel mediante presión. Con ella imprimió la llamada *Biblia* de Gutenberg o de Mazarino, una edición de la *Vulgata*, biblia hebrea traducida al latín en el siglo IV por San Jerónimo.

año 1500

Números árabes

La primera obra que se publicó impresa e ilustrada en territorio hispano fue *Fasciculus temporum*, de Rolevinck. Fue obra del taller sevillano de Bartolomé de Segura y Alonso del Puerto y data del 1480. También es considerado el primer libro donde aparecen impresos números arábigos en texto y numeración de páginas. El texto fue editado inicialmente en Venecia una década antes y el de Sevilla es una copia en texto e imágenes, impreso en letra gótica y romana con grabados xilográficos.



Billetes europeos

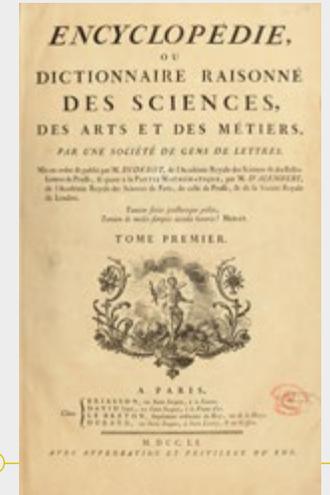
Los primeros billetes modernos del mundo fueron obra del prestamista sueco Johan Palmstruch. En el año 1661, comenzó a fabricar su propio papel moneda a modo de recibo para quien depositara oro o metales preciosos en el Banco de Estocolmo, del que fue el creador. La introducción del billete en España esperó hasta 1780, cuando fue promocionado durante el reinado de Carlos III en forma de vales reales. El uso de los billetes de papel se popularizó de manera veloz por su comodidad, ya que el peso era mucho menor y, sobre todo, por seguridad. Los billetes eran mucho más discretos que las voluminosas y ruidosas bolsas de monedas de la época.

Periódico

En 1660 surgió en Alemania el *Leipziger Zeitung*, el primer diario del mundo y precursor del periódico actual. Este invento sustituyó a juglares, peregrinos y mensajeros medievales que iban transportando oralmente las noticias de unos puntos a otros. Aunque existía la difusión de noticias por escrito desde la Antigüedad, el antecedente directo de los periódicos fueron las efemérides, hojas impresas con todo lo ocurrido ese año a modo de resumen. Posteriormente aparecieron las hojas volantes, noticias sueltas impresas que se fueron recopilando creando bloques; que a su vez, dieron lugar a los corantos -recopilaciones de noticias- y, finalmente, a los periódicos.

año 1700

La primera edición de *Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers* terminó de imprimirse en 1772. Contiene más de 72.000 artículos de 140 colaboradores como Voltaire, Rousseau o Turgot.



La Enciclopedia

En 1761, el francés Jérôme Lefrançois de Lalande publicó *Art de faire le papier*, un manual de época ilustrada considerado uno de los predecesores impresos de la *Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, obra cumbre de Diderot y d'Alembert.



La Biblia de Gutenberg fue publicada en Maguncia en 1455. Se conoce también como la Biblia de 42 líneas por ser este el número de líneas impresas en cada página.

año 1800

Papel de celulosa

Aunque hoy en día la pasta de celulosa de madera sea el material que más asociamos a la composición de papel, no fue hasta 1838 cuando el químico galo Anselme Payen logró aislar la celulosa a partir de materia vegetal y pudo determinar su estructura química. El canadiense Charles Fenerty fue el pionero en la fabricación de papel a partir de pasta de madera. Fue después de este tipo de avances cuando la industria papelera experimentó un gran desarrollo en cantidades y tipos de papel. En 1844 se logró la mecanización del proceso de obtención de pasta de papel y en la década siguiente el primer proceso químico para la obtención de pulpa papelera. Estos cambios redujeron enormemente el precio del papel,



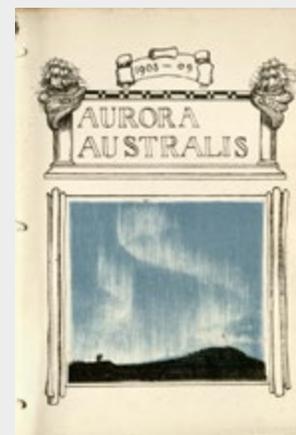
Charles Fenerty, pionero de la fabricación de papel a partir de la celulosa

lo que favoreció su expansión como un producto de gran consumo. En 1900, la producción de papel en Inglaterra alcanzó las 650.000 toneladas, frente a las 96.000 de 1861.

año 1900

Un libro polar

En 1908, durante una expedición británica al Polo Sur, se creó *Aurora Australis*, el primer libro escrito, impreso y encuadernado íntegramente en el continente antártico. La idea inicial del director del proyecto, Sir Ernest Shackleton, era llevar un registro de su actividad y mantener entretenidos a los miembros de su equipo. La iniciativa se materializó en un libro de aproximadamente 120 hojas de papel sin numerar, con cubierta de madera y encuadernado en piel de foca.



Aurora Australis



Papel continuo

En 1789 se introdujo el uso de cloro para el blanqueo del papel y una década después comenzó a desarrollarse la fabricación de papel continuo, gracias al invento de la máquina ideada por Louis-Nicolas Robert. Esta máquina operaba

con una pieza de papel de 60 cm que superaba el concepto de hoja o folio visto hasta entonces. Después, otros inventores mejoraron progresivamente el descubrimiento, como Saint Léger, Bryan Donkin, los hermanos Fourdrinier, Michael Leistenschneider y John Dickinson.

Rollos de papel continuo



Papel higiénico

Se inventó en 1857, cuando Joseph Gayetty inició la venta de 'papel medicado': un tipo de papel higiénico en cuartillas sueltas de cáñamo. Las hojas llevaban una solución de aloe vera para hacerlas más suaves y contaban con el nombre del inventor impreso en todas ellas. El rollo de

papel sustituyó a este invento nada más aparecer en 1890, cuando se empezó a vender en farmacias y a formar parte del ajuar habitual de los hoteles de lujo. En 1928, la Hoberg Paper Company de Wisconsin lanzó un papel con un agregado químico para mejorar su suavidad, acercándolo al papel de baño que hoy conocemos.

Papel y publicidad

El año 2007 fue la anualidad que más dinero de publicidad recaudaron los diarios en papel en toda la historia de la prensa y uno de los más altos en venta de ejemplares en España. Ese mismo año, la estadounidense Apple sacó al mercado el primer Smartphone. Desde entonces la prensa ha ampliado su edición digital y se han visto mermadas sus ventas impresas. En la actualidad, el papel ha visto reducida su función como soporte de la información escrita por competencia con las nuevas tecnologías digitales.



Papel

El cartón

Pese a la pujanza de los medios digitales, las industrias pape-leras siguen creciendo en el nuevo sistema global. Pese a que han perdido en la produc-ción de papel para prensa y documentos, han redirecciona-do sus esfuerzos a la creación de embalajes para abastecer al comercio electrónico. En 2019, Amazon, la primera empresa de comercio electrónico mundial, facturó 3.500 millones de paquetes. Las grandes empresas de logísti-ca están invirtiendo en la fabricación de cajas y envol-ríos para abastecer su propio mercado. La producción de las fábricas actuales está dedicada en un 61% a la producción de embalajes.



El consumo de papel

España cuenta con alrededor de un centenar de empre-sas papeleras. Este sector da trabajo a más de 80.000 personas, ingresando en el último lustro alrededor de 4.250 millones anuales. En 2019, el presupuesto inversor del sector papelerero en España era de 372 millones, un 60% más que en 2016 y un 132% más que en 2015. El consumo medio de papel en España en relación con sus habitantes es de 143 kg de papel y cartón al año, de los que 88 kg son envases y embalajes, 30 kg corresponden a prensa e impresión, 15 kg a higiénico-sanitarios y 10 kg al resto de usos.



El AGS

En 2017, el Archivo Gene-ral de Simancas recibió la distinción de Patrimonio de la Humanidad por su aportación a la memoria del mundo. La institución, ubicada en la localidad castellana del mismo nombre, fue fundada por Carlos I en 1540 con el fin de albergar el archivo oficial de la Corona de Castilla. En el interior del archivo, un edificio obra de Juan de Herrera, se conserva catalogada gran parte de la documentación de la Corona de Castilla y pos-teriormente de la Monarquía Hispánica y el Reino de Es-paña hasta Isabel II. Hoy en día el archivo conserva más de 30 secciones con 70.000 legajos de documentación que, puestos en línea, ocupan más de 13 kilómetros.



Real Cédula de 16 de septiembre de 1600 emitida por el Consejo de Guerra conservada en el Archivo General de Simancas.

Videjuegos de cartón

La empresa japonesa Ninten-do, gigante tecnológico de los videojuegos, creó en 2018 los primeros periféricos para consola hechos de cartón. Nintendo Labo es una exten-sión de la consola Nintendo Switch que utiliza patrones de cartón diseñados por la marca para combinarlos con los mandos de la consola, los *joy-con*. La combinación de los dispositivos y las piezas de cartón permite interactuar con el software del juego y crear herramientas que, de manera pione-ra, combinan la tecnología digital más moderna con piezas de cartón reciclado para enseñar los principios de la ingeniería y la física a

sus usuarios más jóvenes. El día después de su aparición, las acciones de la compañía nipona subieron más de 1,4 millones de dólares.

Nintendo Labo



Embalajes y futuro

Hoy en día, el papel es un material indispensable para la comunicación, la educación, la cultura, la higiene, la sanidad, la industria, el transporte y el comercio. La industria pape-lera trabaja en la búsqueda de nuevas fibras y composites celulósicos que cubran nuevas necesidades. La crisis de la fabricación papelerera para prensa ha sido paliada por el factor medioambiental en el mundo de los envases. En los últimos años, esta industria ha empe-zado a sustituir sus bolsas y pajitas de plástico por las de papel, marcando el inicio de una tendencia en alza.



**“No hay más arte
mnemotécnica que
llevar un libro de
memorias en el bolsillo”**

Miguel de Unamuno
Escritor

1 Composición, características y tipos

El papel es un material de estructura porosa hecho de fibras entrelazadas entre sí. Se presenta en hojas de diferentes tamaños y es fabricado a partir de pastas de fibra escurridas, prensadas y secadas. Habitualmente es de origen vegetal, pero también existen papeles de origen sintético, mineral, animal y sus mezclas. Los variados tipos de papel se diferencian por las materias primas empleadas en su composición, la estructura de su superficie, su acabado, gramaje y aplicación.

Los papeles más habituales del mercado son:

Papel offset

Es el papel para impresión, también llamado repro. Son folios con una composición que facilita su impresión a tinta o láser. Para ello, se fabrican con poca celulosa y con un gramaje que suele estar entre los 70 y los 100 g por metro cuadrado. Se trata de un tipo de papel muy blanco y de poca resistencia.

Papel de prensa

Utilizado para la impresión de periódicos y diseñado para un uso corto, por lo que no es de gran calidad. Se fabrica con pasta mecánica, con restos, sin importar la blancura del papel. Debido a su baja calidad, los acabados de impresión no muestran la finura del papel offset y es un papel muy poco resistente.

Cartón

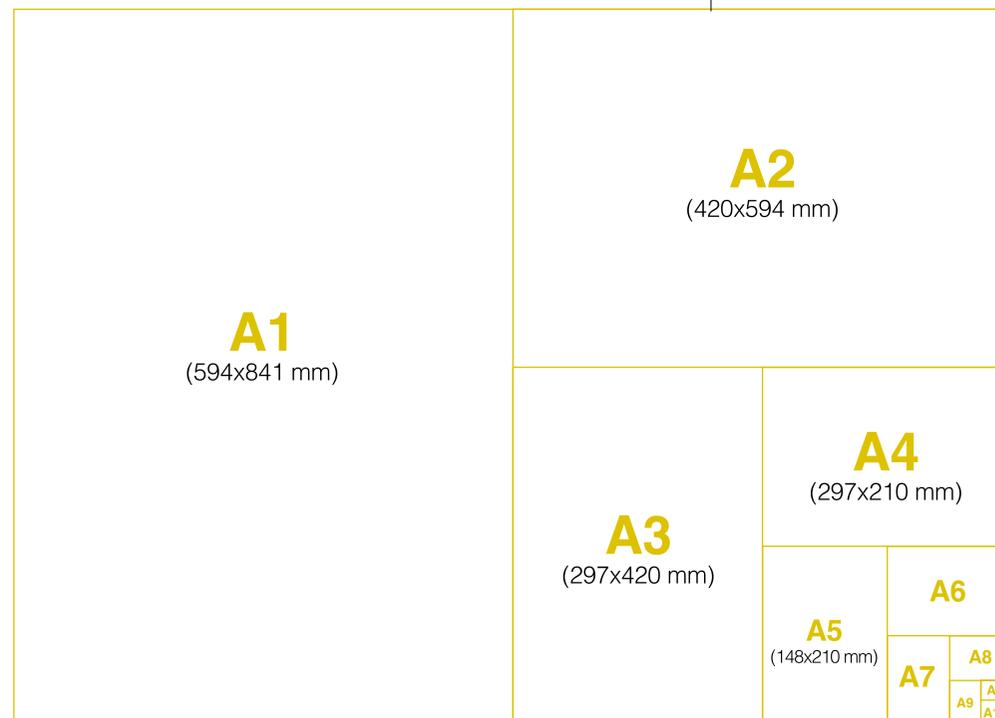
Es un producto elaborado con pasta cruda de papel sin blanquear, manteniendo el color original marrón. Está formado por tres capas de papel: dos exteriores lisas y una interior ondulada que le aporta gran resistencia. Es un ma-

terial fuerte utilizado como envoltorio de transporte y almacenaje. Dentro de este grupo existen cientos de variaciones según su grosor y acabado.

ISO 216

La Organización Internacional para la Normalización (ISO) adoptó la DIN 476 que viene de 1922. Esta norma especificó los diferentes formatos de papel (A1, A2, A3, etc.) para su uso en la mayoría de los países.

A0
(841x1.189 mm)



Papel tissue

Papel suave y absorbente. Es el tipo característico de pañuelos, servilletas y otros papeles de uso higiénico. Combinan cierta resistencia a los líquidos con cierta firmeza que evita que se deshagan durante su uso. Para ello, es sometido a varios tratamientos durante el proceso de fabricación y, generalmente, se produce con fibra virgen y blanqueada. Se tintan en masa y, en caso de llevar impresiones, se aplican fuera del proceso productivo, una vez terminado el producto.

Papel estucado

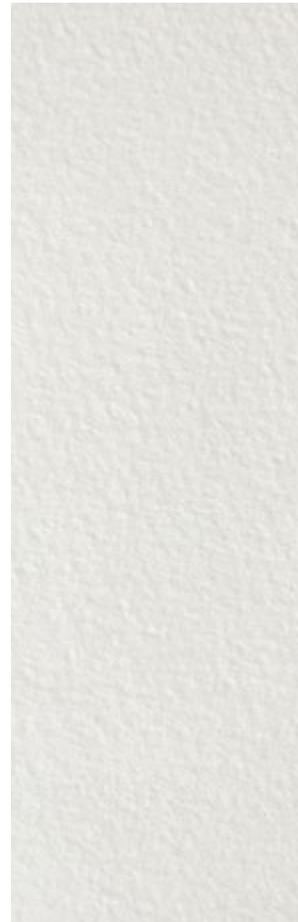
Es el papel offset al que se le aplican capas de estuco, cobertura de otro material, que le otorga nuevas propiedades para un mejor acabado impreso. Es un papel fino sin poros que permite buena definición de detalles y permite un rango mayor de colorido en varios acabados: mate, satinado o brillante. Además de una mejor impresión, aporta mayor durabilidad y resistencia, por lo que suele ser el material elegido para las tapas de los libros y encuadernaciones.

Cartoncillo

Es el material más habitual de envases de alimentación, como las cajas de cereales, galletas o congelados. Está formado de fibras muy finas, normalmente recicladas, ya que no requiere blancura en su interior. En el exterior, suele ir estucado para poder imprimir información y publicidad. Es un material que se adapta en función del sector al que se dirige y se caracteriza por una resistencia suficiente para aguantar varias aperturas y cierres.

Papel de fines artísticos

Es aquel utilizado como soporte de dibujo o pintura, por eso es llamado también papel de bellas artes. Según la técnica



elegida, tendrá unas características técnicas y funcionales determinadas. Surgió como alternativa económica a los lienzos, mejorando progresivamente hasta cotas de durabilidad inimaginables en sus inicios, llegando a aguantar hasta un siglo sin amarillear.

Papel de seguridad

Es un tipo de papel con especificaciones materiales que lo hagan difícil de falsificar. Más que un tipo de papel en cuanto a las técnicas de su fabricación, es un grupo que engloba documentación oficial, billetes o elementos de papel con valor per se y cuya copia no autorizada está perseguida por la ley.

2 La fabricación del papel

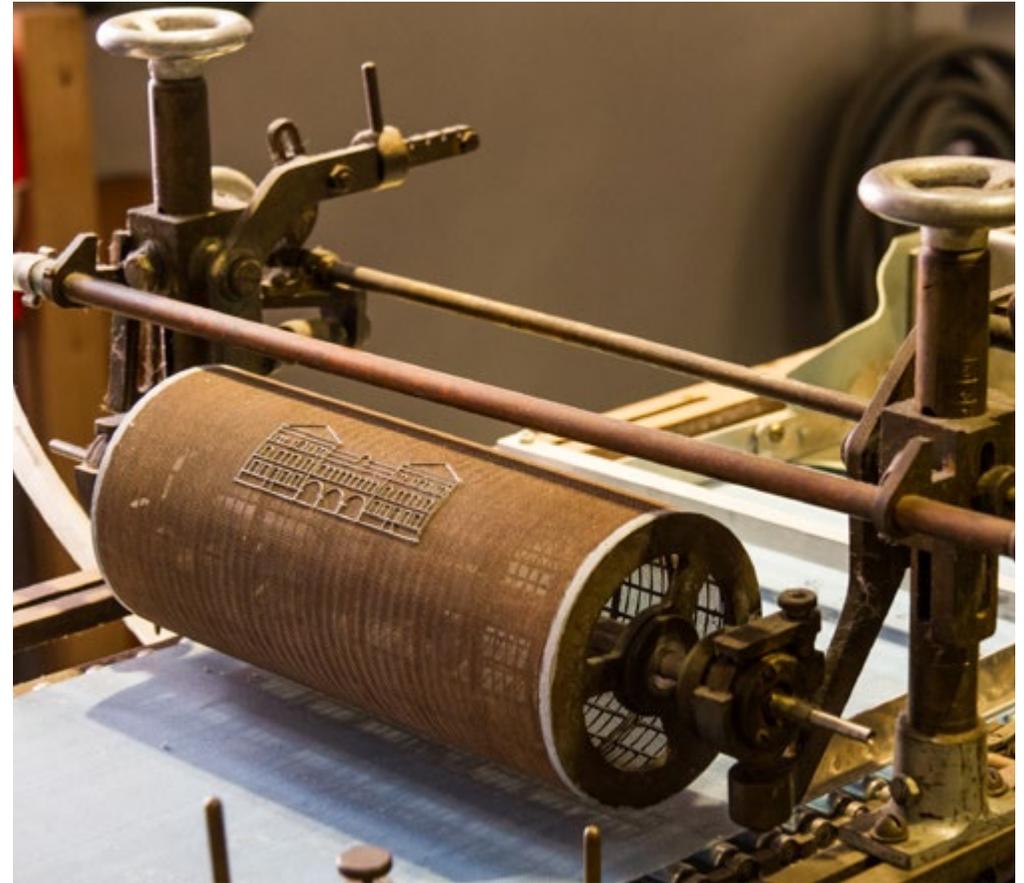
Para poder disfrutar de un material como el papel, se llevan a cabo unos procesos industriales por los cuales conseguimos en primer lugar pasta de papel y finalmente papel. Aunque existen formas distintas en función de variables diversas, este es uno de los procesos de fabricación de papel más extendidos:

Obtención y tratamiento de la madera

En este primer paso se procede al corte de los árboles y a la adecuación para el trabajo posterior, que consiste en la eliminación del ramaje, quedando el tronco principal. Seguidamente, se procede a la limpieza de la madera mediante la separación del tronco y la corteza del árbol. La madera se corta en fragmentos pequeños para poder obtener las fibras vegetales que se verán sometidas a tratamientos físico-químicos en las siguientes fases.

Obtención y tratamiento de la pasta

El papel se hace con pasta o pulpa papelera, que consiste en una solución acuosa a base de celulosa. Para obtenerla, las fibras vegetales que tenemos hasta el momento se someten a un tratamiento a base de reactivos químicos formando una semipasta. En este proceso se desecha la lignina y se deja la celulosa, que es, junto con el agua, el fundamento de la elaboración del papel. La pulpa pasa por diversos procesos de lavado, filchado, filtrado o, en su caso, blanqueado. Posteriormente los tratamientos químicos se combinan con los tratamientos físicos con el fin de refinar la semipasta y conseguir pasta papelera, sirviéndose, por ejemplo, del púlper (recipiente con hélice que



separa las fibras) y otros procesos, aparte de la posibilidad de añadir cargas, colas o tintes.

Fabricación del papel

La pasta refinada es la materia con la que la máquina de papel obtiene el papel. La máquina, ya sea de mesa plana o de forma redonda, obtiene de la cuba de pasta una lámina húmeda continua, la cual debe pasar por un largo proceso de secado. La máquina de papel es una parte muy tecnificada de la fabricación papelera. Requiere unos procesos y controles de primer orden para asegurar la calidad con la máxima velocidad. Por su parte, el agua sobrante de fabricación es reutilizada para recuperar su contenido en celulosa y destinarlo a la fabricación de más papel.

El **dandy roll** es un rodillo hueco, cuyo exterior está recubierto de una malla de alambre. Se coloca en la parte superior de la tela en contacto directo con la lámina papelera en la parte final del proceso de formación del papel en una máquina de papel. Mediante presión exprime el agua. Además puede tener una serie de dibujos en relieve que al presionar sobre el papel húmedo crea las marcas al agua.

En el transcurso de secado se obtienen las características deseadas al someter al papel en formación a un delicado proceso de paso por rodillos, muchos de ellos recubiertos de fieltro, que van reduciendo la humedad del papel en formación. Primero debe pasar por las prensas húmedas y después por los cilindros secadores. En la parte final se le dará al papel su textura deseada mediante prensado y alisado mediante rodillos y lisas. El secado final puede ir acompañado del tratamiento de la hoja. Existen múltiples variedades de tratamientos a los que se somete al papel, que son usados en función del tipo de papel a fabricar, como puede ser el encolado superficial o finalmente, el calandrado, que homogeneiza el grosor y mejora la suavidad y brillo. Se obtienen así bobinas de papel.

Acabado y embalado

Como paso final, se procede al acabado del papel, que depende del destino de uso. Pueden ser cortadas las bobinas para obtener otras más estrechas o convertirlas en paquetes de hojas. El último paso es el embalado, con la finalidad de conservar intactas sus propiedades de cara al uso final.



6,2 millones de toneladas

En 2018 España produjo 6,2 millones de toneladas de papel. El 49% de esta producción fue cartón ondulado; el 34% papel para prensa e impresión de libros, folletos, carteles, etc.; el 7% cartón estucado; 6% otros envases y embalajes como bolsas, sacos, tubos, etc.; 2% papeles higiénicos y sanitarios; 2% papeles para cartón ondulado .

3

El carácter patrimonial del papel

Cuando pensamos en el papel y sus usos, una de las primeras cosas que nos vienen a la cabeza es el papel como soporte de escritura. Documentación, cartas, revistas o libros, entre otros, son solo algunos de los soportes que usan el papel como canal comunicativo entre un emisor y un receptor. La comunicación escrita facilita la transmisión de información a través del espacio y del tiempo. El tiempo y la escritura, en este caso, dotan al papel de una significación especial como es el valor patrimonial cultural. Dependiendo de los diferentes países, existen leyes y normas que protegen la documentación como parte de la cultura. No obstante, hasta que esto fue posible, la documentación histórica ya generaba una fascinación especial en los historiadores y surgió por ello una ciencia con la cual leer y por tanto descifrar los secretos que los diferentes soportes de escritura esconden, la paleografía.

Los archivos sirven para recopilar, clasificar y custodiar los documentos a lo largo del tiempo. Esta información normalmente fue generada por organismos oficiales, personalidades relevantes u órdenes religiosas y su valor radicaba en el poder que les confería la información de esa documentación, ya que demostraba la existencia de tratos comerciales, posesiones y otros derechos. En el siglo XX, la generación de documentación burocrática ha creado más volumen de información escrita que el resto de toda la historia y ello ha exigido una regulación sobre el valor de la documentación conservada en los archivos.

Las bibliotecas guardan muchos paralelismos con los archivos. Etimológicamente su significado deriva del griego *bibliothēke*, caja o armario de libros. Las bibliotecas siempre han sido el lugar donde se guardan los libros, aunque en la actualidad den cabida a otro tipo de soportes. En su origen tuvieron la función que en la actualidad se vincula a los archivos aunque, a partir



de la civilización griega, se comenzó a materializar la idea de la creación de centros de conservación y consulta del conocimiento. En la actualidad, las bibliotecas se plantean como un lugar de reunión con la cultura. Este fenómeno es debido al préstamo y consulta de libros, que consiguen que la cultura escrita sea un patrimonio al alcance de todos.

Los monasterios y los *scriptoria* medievales siguieron esta tradición conservando el conocimiento y la cultura cristianas. La fundación de las universidades ayudó a la elaboración y conservación de los tratados científicos. Con el surgimiento de la imprenta y la tipografía, aparecen los incunables, libros impresos antes del 1500.

Aunque estos dos tipos de infraestructuras institucionales defienden el patrimonio bibliográfico y documental, existen también colecciones privadas vinculadas al coleccionismo. Históricamente esta corriente estuvo unida a las clases privilegiadas, aunque hoy en día el acceso sea menos restringido. El coleccionismo está relacionado con la posesión de primeras ediciones de libros de gran relevancia histórica, documental o artística. También tiene que ver con la aparición de facsímiles: reproducciones de edición limitada, nunca superiores a mil copias, que imitan detalladamente a esas obras de gran antigüedad, cuyos originales están en manos de instituciones o museos.

Murciélagos guardianes de bibliotecas

La biblioteca Joana de la Universidad de Coimbra fue construida en estilo rococó por el rey Juan V de Portugal en el siglo XVIII. Sus 1.250 m² reúnen cerca de 70.000 volúmenes. En esta biblioteca habitan una colonia de murciélagos cuya función es eliminar insectos como la carcoma o los pececillos de plata. Estos insectos son perjudiciales para la conservación de los libros. Se calcula que cada murciélago puede cazar en una sola noche medio millar de insectos.

4 El papel en la vida cotidiana



Hueveras

En 1911 Joseph Coyle de Smithers experimentó con el plegado de cartón para desarrollar un tipo de embalaje que permitiera el transporte de los huevos sin que estos sufrieran daños. Actualmente se producen 1,2 trillones de huevos al año de los que China consume el 40%.

Dependiendo de las características mecánicas del tipo de papel podemos distinguir varios usos que nos acompañan en el día a día. Desde que nos levantamos por la mañana, prácticamente usamos papel. Algunos tipos de papel están destinados a nuestro uso higiénico y al de la limpieza de nuestros hogares. Estos papeles suelen tener un carácter absorbente, suave y ligero y un diseño plisado. Entre estos tipos de papel diferenciados por su uso se pueden enumerar, de manera muy común, el papel higiénico, los pañuelos de papel, las toallitas o el papel de cocina.

Es evidente señalar que parte de nuestra vida la destinamos al trabajo, donde convivimos habitualmente con el uso del papel. Documentación, instrucciones, libros, cuadernos, carpetas, etiquetas, sobres o folios en blanco son útiles que usamos en cualquier día de labor, hora tras hora. Todas estas herramientas están elaboradas en diferentes tipos de papel y, en realidad, hay muy pocas profesiones en el mundo laboral que estén desligadas de este uso del papel.

La compra de objetos y enseres, así como la alimentación, son campos de nuestra vida en los que asimismo usamos papel. Existen papeles que envuelven o contienen los ali-

mentos, bolsas de papel y envases de papel. El cartón se encuentra muy relacionado con los envases de productos alimentarios. Con el creciente aumento de las compras online, los embalajes de cartón se han convertido en el envase óptimo para la mayoría de los productos.

El poco tiempo que nos queda a lo largo del día lo intentamos destinar al ocio. En ese momento, intentamos relajarnos y realizar otras actividades diferentes a las que hemos dedicado el resto del día. Ir al cine o a un concierto, visitar un museo, jugar o simplemente leer nos vuelven a poner en contacto con el papel. La cartelería sigue siendo uno de los más importantes medios publicitarios válidos para el siglo XXI. Las calles están decoradas con papeles que nos anuncian los próximos eventos que tienen lugar en nuestra ciudad. De la misma manera, los folletos nos sugieren lugares donde pasar nuestro tiempo libre. El dibujo o la papiroflexia, e incluso la fotografía, nos reportan otra vez al uso del papel. Y el libro: aunque surjan ciertos formatos electrónicos un libro en papel sigue teniendo un valor especial, simplemente por el soporte físico que lo contiene, que no es otro que el papel. Se trata sin duda de un material que envuelve nuestra vida cotidiana.

pa
pel

5 El valor económico del papel

Cada día en el mundo tienen lugar millones de transacciones económicas. El comercio fomenta el uso del dinero a la hora de ejecutar operaciones de compra y venta de diferentes artículos. En estas transacciones tienen gran importancia los billetes. Pero el papel moneda no es el único papel con valor económico. También existen el papel de estado y los sellos.

El valor económico, como característica común, unió la producción y el control de estas tres herramientas económicas bajo la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre. En el caso de España, la FMNT nace gracias a la fusión de la Casa de la Moneda y la Fabrica del Sello en 1893. Esta empresa pública se dedica a la fabricación de monedas, billetes, timbres y documentos oficiales. La sede de la FNMT de Burgos se encarga de la fabricación de papel de seguridad tanto para España como para otros países. El billete tiene como materia prima básica la fibra de algodón, que tras ser tratada mediante procesos industriales de refinado, adquiere una gran resistencia a la rotura, que alarga la vida útil de esta herramienta. El papel moneda suele usarse para la representación de valores fiduciarios medios y altos. Este valor fiduciario corresponde a la cuantía que el Estado le da al papel moneda y que es correspondido a través de la confianza que la sociedad tiene en él, aceptando su valor. Además, la comodidad a la hora de portarlo frente a la moneda hace del billete un elemento imprescindible. Presenta la característica de ser emitido por un Banco Central. Al igual que la moneda, históricamente ha sido un útil falsificado. Para luchar contra el fraude se han establecido medidas como marcas de agua, blanqueadores especiales, relieves o tintas de tonalidad variable.

El billete en la actualidad no solo es un valor económico sino que, además, es un símbolo de identidad. Los billetes están



decorados con un simbolismo que identifica a la sociedad que usa este accesorio económico. Monedas como el euro representan a un conjunto de estados que permiten su uso dentro de una comunidad, simplificando a su vez las operaciones económicas entre la ciudadanía.

El sello postal es un comprobante de pago por el servicio de envío. Aunque es un útil en desuso, la importancia del sello hasta la llegada de servicios como la mensajería instantánea o el email ha sido extraordinaria para el correo epistolar. Una de las características especiales del sello es la imagen que tiene representada y que lo convierte en una pequeña pieza de colección. Desde el siglo XIX, se ha desarrollado la filatelia, el gusto por el coleccionismo de sellos y estampas. Las colecciones de sellos pueden presentar un valor por lo extraordinario de sus imágenes o ediciones.

Otros de los elementos que se fabrican en la FMNT son el papel timbrado relacionado con el pago de impuestos por diversos servicios del Estado, como los contratos de compra-venta. Estos documentos presentan la misma naturaleza que el sello, siendo parte del pago por el servicio que representan. La FMNT también se ocupa de producir otro tipo de papeles especiales como los que conforman los pasaportes.

Falsificaciones

En la actualidad para evitar las falsificaciones los billetes se elaboran con papel especial a partir de fibras de algodón y técnicas de impresión complejas. Además reúnen medidas de seguridad como marcas de agua, hilos de seguridad, fibrillas fosforescentes, foils, relieves y bandas iridiscentes, donde la tinta ópticamente variable cambia de apariencia según el ángulo del observador y la incidencia de la luz.

6 La prensa escrita

650 millones

de periódicos se venden cada día en el mundo. De los más vendidos cuatro se publican en Japón, tres en India, dos en China y uno en EE.UU.



El ser humano es un ser social por naturaleza, por lo que forma grupos para salir adelante y necesita de la comunicación para su cohesión. La prensa escrita forma parte de los medios de comunicación, que informan de sucesos acaecidos a la sociedad en su conjunto a diferentes escalas: local, nacional, continental y mundial.

Las culturas de la Antigüedad emitían información escrita en piedra u otros formatos perecederos como el papiro. El contenido de gran parte de estas noticias era propagandístico, a favor del grupo dominante que los editaba. Tras la caída del Imperio Romano, la comunicación escrita se redujo a la labor de mensajeros que transmitían comunicaciones entre instituciones estatales y administrativas. La invención de la imprenta permitió realizar grandes tiradas de texto escrito, que poco a poco se fue haciendo más accesible a toda la sociedad occidental según se fue alfabetizando progresivamente.

El surgimiento de la prensa escrita tal y como la conocemos es reciente, a partir del siglo XVIII. La democratización de la prensa es un fenómeno posterior, que llegó a la población a mediados del siglo XX, a la par de los avances en el acceso

a la educación pública. A partir de ese momento, se puede afirmar que la información está al alcance de todos los públicos.

En el siglo XX se comienza a publicar información destinada a los diferentes sectores de la sociedad. Esta especialización de la prensa escrita se observa en la multitud de noticias que se pueden generar atendiendo a su contenido, como la prensa económica, prensa deportiva o prensa sensacionalista. La prensa escrita ha tenido siempre la finalidad de informar de los diferentes sucesos. No obstante, en el siglo XXI el acceso a la información es muy amplio. Gracias a Internet, sus diferentes aplicaciones y las distintas redes sociales, la información se genera al momento y se transmite en ese espacio de tiempo. El acceso a la información es cada vez más inmediato por lo que se está comenzando a cuestionar la necesidad de la prensa en papel ante la irrupción de los medios digitales. Sin embargo, en los últimos años los grandes periódicos se han reforzado como medios de comunicación consolidados frente a otras formas de comunicación que, por el momento, manifiestan un carácter más inestable debido a la fluctuación que genera la opinión en los entornos digitales.

pa
pel

7 Los nuevos papeles

El papel, al igual que otros materiales, está en constante proceso de adaptación a la revolución tecnológica. Es por ello que el sector se encuentra en un momento de reinención. Los productores de papel son conscientes de ello y están destinando recursos a la investigación de nuevos usos para el papel. Frente al tradicional sistema que suponía el soporte escrito, una de las nuevas tendencias es la redirección hacia el sector del embalaje. El papel siempre ha sido un material pionero en su relación con el respeto al medioambiente y es por ello que se está apostando por el uso de nuevos elementos para la creación de papel. Un ejemplo es el certificado FSC (Forest Stewardship Council) que garantiza la producción de celulosa de manera ecológica, obedeciendo a unos estándares sociales y de respeto al medioambiente muy restrictivos. Algunos de los papeles que pueden revolucionar el futuro del sector son:

Remake

Es un papel compuesto en un 25% de residuos de fabricación de cuero y peletería, en un 40% de celulosa reciclada y en un 35% de fibras de celulosa virgen con certificado FSC. Es un papel de alta calidad que puede usarse en embalajes especiales que buscan la elegancia.

Papel Crush

Nuevo papel fabricado de los desechos de frutas y verduras. En este caso, el uso de este papel puede reducir hasta un 20% el CO² emitido al medioambiente.

Papermilk

Papel que mejora el proceso tradicional añadiendo fibras de leche a la pulpa de papel. A priori, se estima que su uso puedan ser embalajes de alta calidad, debido a que el papel adquiere un tacto aterciopelado.

GreeNest: es un papel que añade a la fabricación clásica las fibras de pastos, disminuyendo la huella de carbono y agua. En esta misma línea de uso de otros materiales de desecho que pueden aportar nuevas propiedades existe el Cocoa Paper, que se fabrica con la cáscara del cacao.

Bee Saving Paper

Un papel especial en su trato con el medioambiente, que puede convertirse en un perfecto aliado para salvar a las abejas. Este papel es digerido por las abejas para permitir que se recuperen después de grandes desplazamientos. Aunque a priori parece que pudiera tener un coste elevado, el impacto económico sería muy inferior a la pérdida de comunidades de este polinizador.

Fibromer

Proviene del papel Kraft combinado con otros polímeros y se está experimentando para la fabricación industrial de piezas de coche o bolsas.

D-Sack

La investigación en papel está testando la posibilidad de añadir nanodispositivos electrónicos que permitan incorporar información que descriptar con nuestro móvil gracias a la tecnología NFC (Near Field Communication), tecnología inalámbrica de corto alcance. Uno de los papeles que nos remiten directamente a un futuro utópico será el D-Sack. Es un saco para cemento con características solubles que no altera las propiedades del mortero. Gracias a su solubilidad en agua, el saco desaparece ante nuestros ojos.



El Consejo de Administración Forestal (FSC) es una organización no gubernamental con sede en Bonn, Alemania que se dedica desde 1993 a promover la gestión forestal responsable en todo el mundo. Esta institución otorga el certificado FSC a aquellas empresas que demuestren una buena práctica en la gestión de sus bosques.

papel

Bibliografía

Aspapel (2020): *Asociación Española de Fabricantes de Pasta, Papel y Cartón*. <http://www.aspapel.es/>

Biblioteca Profesional Salesiana E.P.S. (1953): *Técnica del arte de imprimir*. Librería Salesiana, Barcelona, T1, 295 p.

Cerdá Gordo, E. (1967): *Monografía sobre la industria papelera*. Papeleras Reunidas, Alcoy, 195 p.

Earl Libby, C. (1977): *Ciencia y Tecnología sobre Pulpa y Papel. Tomo II: papel*. Compañía Editorial Continental, México, 514 p.

Hunter, D. (1947): *Papermaking: the History and Technique of an Ancient Craft*. Alfred A. Knopf, Inc., Nueva York, 648 p.

Museo do Papel Terras de Santa Maria. (2015): *Do engenho à fábrica*. Ed. Câmara Municipal de Santa Maria da Feira, 149 p.

Renuncio González, F. (2001): "Papel a mano, papel continuo: su elaboración a lo largo de la historia", *Investigación y Técnica del Papel* núm. 147, pp. 69-97.

Santos y Ganges; L. (2018): *La Fábrica Nacional de Moneda y Timbre y la industria de los billetes de banco. Historia de la Fábrica de Papel de Burgos*. Ed. Dosssoles (col. Historia, 21), Burgos, 579 p.

Tschudin, P. F. (2012): *La carta. Storia, materiali, tecniche*. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Edizioni di Storia e Letteratura, Roma, 375 p.

Valls i Subirá, O. (1982): *La historia del papel en España, Vol. 3, Siglos XVII-XIX*. Empresa Nacional de Celulosas –ENCE–, Madrid. 335 p.

Recursos audiovisuales



Materiales. Una historia sobre la evolución humana y los avances tecnológicos

Papel
UBU



Papel y cartón, ciclo de vida

El bosque protector
RTVE



Así se hace el papel

Discovery Max

plás
ti
cos

plásticos

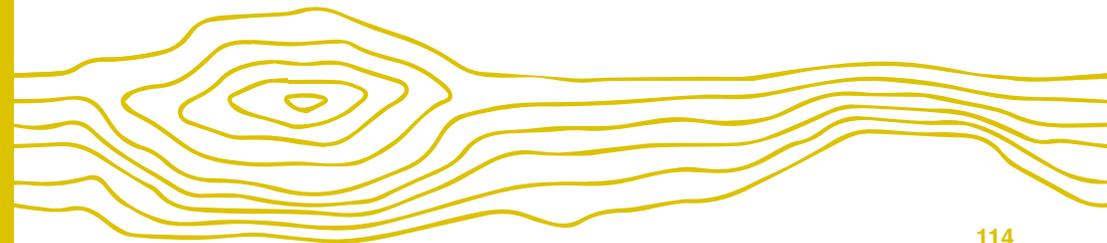


La historia del plástico es muy similar a la evolución del ser humano por su rapidez y capacidad de adaptación a las diferentes necesidades. Al igual que nuestra especie, *Homo sapiens*, es la última en aparecer y en conquistar todo el planeta, con el plástico sucede algo muy parecido, ya que es el último gran material desarrollado en nuestra historia tecnológica. En apenas 200 años, este material ha ocupado todos los rincones de la Tierra, destinándose a multitud de utilidades y aplicándose en infinidad de formatos y soportes. Los plásticos son polímeros, compuestos químicos constituidos por unidades que se repiten (monómeros). El desarrollo técnico ha permitido ir sustituyendo distintos materiales por polímeros artificiales. Su raíz etimológica deriva del griego *plástikós* -que significa moldeable- y hace referencia a la facilidad con la que se moldea este material sintético en caliente para darle la forma deseada y construir con él casi cualquier elemento imaginable.

Hasta hace un par de siglos no existía el plástico, pero sí los polímeros naturales, como la seda, la lana, el algodón, la celulosa, el almidón o el caucho natural. Incluso, en nuestra genética, hay polímeros, como en las cadenas de ADN que caracterizan la información de cada individuo. Nuestra civilización ha ido desarrollando materiales cada vez más avanzados y el plástico surgió en un momento de revolución industrial que hizo posible una fabricación de bienes más baratos, más sencillos de producir y más accesibles para toda la población mundial. El plástico no surgió como un material que cubría una necesidad, sino que se ideó como un material para desarrollar una fabricación barata, asequi-

ble, funcional y de fácil elaboración para la industria. Esto le permitió comenzar a ocupar el espacio de otros materiales y convertirse poco a poco en una sustancia imprescindible para la especie humana. La historia del plástico es, en realidad, la de los polímeros artificiales que se crearon para replicar los naturales, las macromoléculas con las que se podía trabajar para dar la forma deseada a cada material.

Aunque no todos los polímeros son plásticos, la historia de ambos materiales está íntimamente ligada, como los materiales que han caracterizado la Edad Contemporánea -hasta el punto de se ha llegado incluso a denominar a este periodo como el "Plasticoceno"- . La aparición de los plásticos ha sido tan vertiginosa que ha causado un desajuste entre el surgimiento de nuevos compuestos y el marco teórico científico necesario para su desarrollo. Su ciclo vital ha crecido exponencialmente, apareciendo en el siglo XIX, dominando el siglo XX y viéndose sobrerrepresentado por su producción masiva en el siglo XXI. El tercer milenio se está caracterizando por la globalización del plástico y los polímeros artificiales en casi todos los objetos que forman parte de nuestra vida cotidiana. De hecho, encontramos plásticos en envases, calzados, ropas, juguetes, menaje del hogar, compuestos industriales, piezas para la automoción y estructuras de aviones e, incluso, materiales médicos y prótesis bioquímicas. En definitiva, estos materiales han sido utilizados para producir elementos que nos permiten cubrir las necesidades tecnológicas de una sociedad cada vez más compleja en la que convivimos cerca de 8.000 millones de personas.



plásticos



propiedades

características

Plasticidad	Es una propiedad del plástico que valora la capacidad del material para deformarse sin llegar a romperse.
Ligereza	El plástico es un material con una densidad baja, en relación con otros materiales de características mecánicas similares.
Impermeabilidad	La impermeabilidad es la capacidad del plástico relativa a la resistencia que ofrece el material a ser atravesado por un fluido sin alterar su composición. Normalmente los plásticos son impermeables.
Aislante térmico	Capacidad del plástico para reducir la transmisión de calor. En líneas generales los plásticos son excelentes aislantes térmicos.
Aislante acústico	El plástico presenta una buena resistencia a la transmisión del sonido. Es por ello que se suele usar para insonorizar estudios y salas de conciertos.
Resistencia a la corrosión	Cuando el plástico adquiere su estado sólido, a temperatura ambiente, tiene una baja reactividad química. Por tanto, no es afectado por la corrosión y otros factores químicos. Esta es la razón por la que el plástico es un material óptimo para contener ácidos o procesos químicos.
Inflamabilidad	Los plásticos se modifican mediante aditivos o cargas y se convierten en materiales ignífugos, aptos para el sector de la construcción y el transporte.
Cohesión	Es la resistencia de los átomos a separarse unos de otros. En los polímeros, las moléculas poseen un gran número de uniones químicas que aumentan su cohesión.
Conservación	El plástico posee la capacidad de contener y resistir sin alterar las sustancias. Por esta razón se usa para la conservación de diferentes productos y alimentos.
Incoloro	Los plásticos son generalmente incoloros (otros presentan color, como la baquelita, que es negra).

Plásticos

año 1800

La primera relación de los seres humanos con los plásticos fue casual. Se produjo hace 3.500 años, en los grupos de la cultura olmeca del Golfo de México. Esta civilización realizaba juegos rituales con una pelota hecha de savias y otros extractos vegetales fundidos, de caucho natural.

Polímeros

Los términos 'polímero' y 'polimérico' fueron acuñados por el químico sueco Jöns Jacob Berzelius, padre de la química moderna, en 1832. Berzelius ideó junto a otros científicos el sistema de notación química actual, fue el primero en distinguir los compuestos orgánicos de los inorgánicos e inventó el concepto de 'proteína'. En 1838, Anselme Payen logró extraer y aislar por primera vez un polímero natural: la celulosa.

PVC

El descubrimiento del policloruro de vinilo, más conocido como PVC, es obra del físico y químico galo Henri Victor Regnault. En 1835, había descubierto el cloruro de vinilo. Poco tiempo después, casualmente dejó expuesta a la luz solar una muestra y así descubrió el PVC. El proceso de producción de este material no se diseñó hasta 1912, por parte del alemán Fritz Klatte. Alemania fue el primer país del mundo en instalar tuberías de este material para el suministro doméstico de agua en 1936. El PVC fue el plástico más producido en el siglo XX.



Linóleo

En 1844, Frederick Walton creó el linóleo, un plástico fabricado a partir de la mezcla de aceite de lino y serrín o corcho sobre un textil grueso, al que se añadían pigmentos para darle color. Patentó su fórmula en 1860 y, pocos años después, creó la Linoleum Manufacturing Company. A finales de la década, la fábrica exportaba a toda Euro-

pa y Estados Unidos, donde no abrieron factorías hasta 1874. El inventor del linóleo compró 120 hectáreas en Staten Island, Nueva York y pasó dos años allí montando la fábrica americana. La población de empleados y sus familias ocuparon un barrio residencial que fue bautizado como Linoleumville, manteniendo este nombre hasta el traslado de la planta en 1931, cuando pasó a llamarse Travis.

año 1840

Caucho artificial

En 1839, Charles Goodyear descubre la vulcanización del caucho natural, proceso por el cual se convertía en una mezcla impermeable, al añadirle azufre. En su experimentación, y de manera accidental, descubrió este proceso que nombró vulcanización, en honor a Vulcano -dios latino de los metales, el fuego y las fraguas-. Patentó su descubrimiento en Estados Unidos en 1844, un año después de que Thomas Hancock hubiese hecho una patente similar en el Reino Unido. Hasta 1907 no se crea el primer caucho 100% sintético, obra del alemán Friedrich Hoffmann.

El caucho artificial es un material esencial para la fabricación de neumáticos.



Celuloide

El primer polímero natural modificado fue la nitrocelulosa, obtenida por Christian F. Schönbein en 1846 al esterificar la celulosa con una mezcla sulfonítrica. De esta mezcla surgiría la materia prima empleada en la fabricación del celuloide, pinturas, lacas de instrumentos musicales, barnices o explosivos.

El celuloide, un material esencial para la industria cinematográfica, fue uno de los primeros plásticos que se fabricó.



año 1850

A lo largo del tiempo

Edad Contemporánea

Plásticos

Proceso de extrusión

Los procesos de extrusión habían sido utilizados desde siglos atrás con otros materiales, pero comenzaron a usarse con el plástico sobre todo a partir de la producción de alambre adhesivo "Gutebo por extrusión", patentado por R. Brooman. El perfeccionamiento de este método abrió la puerta al recubrimiento de cables de cobre que inventó G. H. Bewlgy, para hacer posible el primer cable submarino, que unió las localidades de Dover (Inglaterra) y Calais (Francia), en 1851.

Teoría estructural

La evolución de los polímeros plásticos llegó a ir más rápida que la química. La teoría estructural de Kekulé y Couper de 1858 ayudó a ir conformando un corpus teórico para el desarrollo químico industrial. En su teoría introdujeron el concepto de valencia y crearon los cimientos para el desarrollo de la síntesis orgánica.

Poliestireno

El primer polímero 100% sintético fue el poliestireno que desarrolló el químico francés Marcellin Berthelot en 1866. Aunque su producción industrial no se desarrolló hasta 1930, acabó con una producción de 10,6 millones de toneladas anuales en el año 1999 y hoy en día es el cuarto plástico más consumido del mundo -sobre todo en envases y aislantes eléctricos, térmicos y acústicos-.

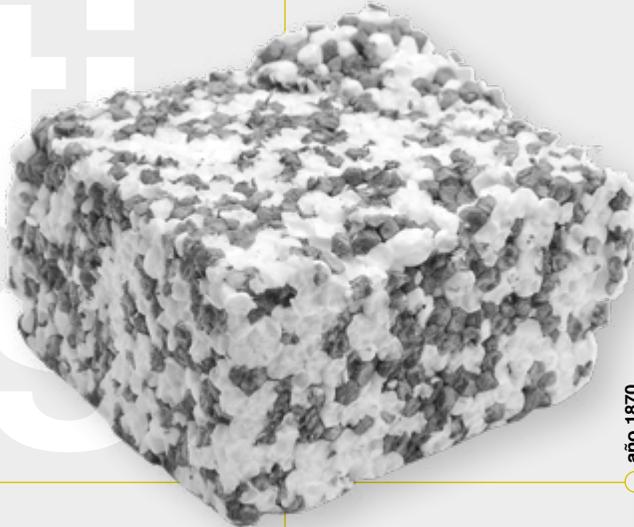
Nitrato de celulosa

El plástico sustituyó a materiales difíciles de obtener, caros y poco sostenibles como el marfil. En 1870, un fabricante de bolas de billar norteamericano ofreció una recompensa a quien encontrara un sustituto adecuado a esa materia prima.



La bola de billar, también conocida como beyquer, fue fabricada en marfil hasta la aparición de los plásticos. El número, tipo, diámetro, color y patrón de las bolas varía según el tipo de juego. Su peso debe estar comprendido entre 156 y 170 gramos.

Las ventajas principales del poliestireno son su facilidad de uso y su coste relativamente bajo. Sus principales desventajas son su resistencia mecánica modesta y su baja resistencia a la alta temperatura, ya que se deforma a menos de 100 °C -excepto en el caso del poliestireno sindiotáctico-.



año 1870



Galatita o falso marfil

El falso marfil

La búsqueda de una alternativa a la pizarra como superficie de escritura dio lugar en 1897 a la galatita, un plástico derivado de la proteína láctea de la caseína. Fue desarrollada por Wilhelm Krische, un impresor de Hannover, y el químico austriaco Adolph Stipteler. Ambos crearon un material duro pero fácil de moldear, que pasó a ser utilizado como falso marfil en bisutería, peines, botones para textiles y teclas de instrumentos musicales.

año 1900

Baquelita

La edad de los plásticos se inició en 1910 con la invención y comercialización de la Baquelita de Leo Baekeland. Fue el primer plástico totalmente sintético, resistente al agua, aislante y fácil de trabajar en caliente. Su uso marcó el acceso a un material barato y resistente con el que se crearon las piezas exteriores de los teléfonos, los interruptores y otros mecanismos de los electrodomésticos. Más de un siglo después, su uso sigue presente en mangos, tapones y boquillas de utensilios de cocina, bebida y alimentación.



Plásticos

año 1920

El cellón

El celuloide o película de nitrato fue sustituido en la mayoría de usos, excepto el fotográfico, por el cellón, preparado en masa por la máquina de inyección para materias plásticas de A. Eichengruen. Este material, a base de acetato de celulosa sintética, presentaba las ventajas de ser muy ligero, poco inflamable y mucho más estable, por lo que, durante la Primera Guerra Mundial tuvo un papel muy importante en la industria aeronáutica.

Las macromoléculas

En 1922, Herman Staudinger estableció el concepto de macromolécula y sentó las bases de la ciencia de polímeros, por lo que recibió el Premio Nobel de Química tres décadas después. El avance de los plásticos y los polímeros a nivel industrial estaba muy adelantado a la ciencia que lo explicaba y le dotaba de conceptos. Cuatro años después, Theodor Svedberg determinó la masa molecular de varios polímeros naturales y del poliestireno, confirmando la teoría macromolecular de Staudinger, que complementarían en 1928 Kurt Meyer y Herman F. Mark, estableciendo la estructura molecular y cristalina de los polímeros.



Hermann Staudinger (1881-1965) químico alemán que sentó las bases de la ciencia de polímeros como disciplina científica.

Polietileno.



Polietileno

Siguiendo la constante de descubrimientos accidentales en el mundo del plástico, Hans von Pechmann sintetizó en 1933 el polietileno por casualidad, al calentarse en una estufa una muestra de diazometano que el científico había olvidado. Sus

compañeros de laboratorio, E. Bamberger y F. Tschimer, investigaron la sustancia resultante y descubrieron largas cadenas de metileno, por lo que lo llamaron polimetileno. Este polímero tiene múltiples aplicaciones en películas, hilos, cables, tuberías, botellas y envases alimentarios.

ABS

En 1936 comenzó la producción del ABS, el plástico de alta resistencia mecánica más utilizado en la industria de la automoción. Este termoplástico amorfo está presente en retrovisores e interiores de los coches, en los cascos de motocicletas, en las piezas de juegos de construcción, en el cubo de Rubik, en las carcasas de los electrodomésticos y en las flautas de música de los escolares, entre otros objetos.

Juguete fabricado en ABS.



Esponjas de poliuretano.



Poliuretanos

El alemán Otto Bayer descubrió los poliuretanos en 1937, pero su uso generalizado llegó en 1939 con la Segunda Guerra Mundial, donde se utilizaron masivamente como sustitutos del caucho. Con ellos se fabricaron desde acabados de aviones hasta textiles de alta resistencia. Tras la contienda, se utilizaron para la creación de adhesivos y espumas. Hoy en día los podemos encontrar en las esponjas, estropajos y en otros objetos de nuestra vida cotidiana como suelas de calzado, asientos de automóviles, fibras textiles, embalajes, preservativos y guantes.

año 1940

Plexiglás y teflón

Durante las décadas de los 40 y los 50 se desarrollaron los plásticos de consumo masivo, entre los que cabe destacar el metacrilato de metilo polimerizado, conocido como Plexiglás. Este material transparente goza de unas propiedades ópticas excelentes, por lo que comenzó a ser utilizado para la fabricación de lentes, gafas, paneles transparentes de alumbrado y mobiliario urbano publicitario. También destacó el teflón, un plástico con un coeficiente de rozamiento muy bajo, por lo que fue muy utilizado en aeronáutica y, posteriormente, en menaje de cocina por su escasa adherencia.



Sartén con recubrimiento antiadherente de teflón.

Plásticos

año 1950

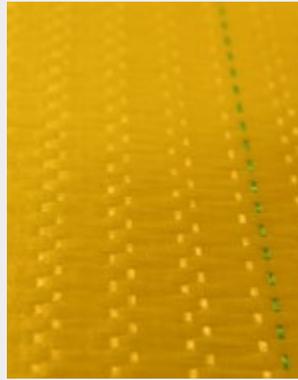
Polimerización en cadena

La primera teoría sobre la polimerización en cadena data de 1947 y es obra de Turner Alfrey y Charles C. Price. Paradójicamente, aportaba la teoría científica que explicaba la formación de plásticos como el polietileno, el polipropileno y el PVC, que ya habían sido desarrollados industrialmente, pero se desconocía esa faceta científica. Esto permitió ampliar el conocimiento sobre el proceso productivo y favoreció los estudios posteriores sobre reciclaje de estos compuestos.

**Polipropileno**

El italiano y premio Nobel Giulio Natta sintetizó el polipropileno isotáctico, muy similar al polietileno, pero con diferencias sustanciales gracias a los grupos laterales metilo de su esqueleto. Este compuesto presentaba buenas propiedades mecánicas a temperatura ambiente, era fácil de procesar, muy barato, buen aislante eléctrico y muy versátil. Además, el hecho de que fuese químicamente inerte le convirtió en un material idóneo para el film alimentario que se desarrollaría en la década posterior.

Enavse de polipropileno. Cada año se producen más de 500 mil millones de botellas de plástico.



Poliamida aromática meta-orientada

Prendas ignífugas

En 1958, Wilfred Sweeny desarrolla la poliamida aromática *meta*-orientada basándose en el trabajo de Paul Morgan y Stephanie Kwolek. Este textil no tejido polimérico es comercializado en 1967 bajo la marca registrada Nomex y es el primer material que permite crear prendas y protecciones plásticas resistentes al fuego, con las que mejoraron la seguridad de bomberos y trabajadores de las industrias pesadas.

año 1960

Para-aramida

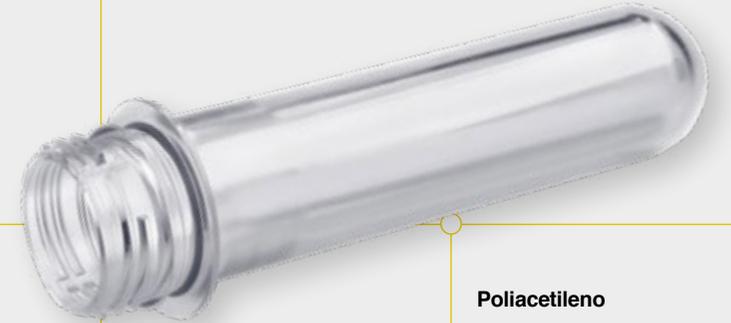
Stephanie Kwolek logró sintetizar en 1965 la poliamida aromática *para*-orientada. La paramida se utilizó con fines militares, en compuestos balísticos y de protección personal, en el campo de la ingeniería aeroespacial y en la industria neumática. La disposición de sus cadenas moleculares longitudinalmente crea un material de gran fuerza en sus uniones químicas, por lo que tiene gran resistencia y por ello se sigue usando en la construcción, la industria naval y los equipamientos deportivos.

La botella de plástico

Fue desarrollada en 1967 por el ingeniero de Dupont Nathaniel Wyeth. Aunque existían botellas de plástico anteriormente para detergentes y geles, ninguna era capaz de soportar las fuerzas de los líquidos presurizados, como los refrescos gaseosos. Por lo tanto, este ingeniero inició un proceso de búsqueda de un material más resistente, que terminó con el hallazgo del poli(tereftalato de etileno) (PET) en 1973. Este nuevo compuesto logró el embotellamiento de líquidos bajo presión en plástico.

El poli(tereftalato de etileno) (PET) es muy usado para envases de bebidas y textiles por que reúne las siguientes características:

- Alta resistencia al desgaste y corrosión.
- Buena resistencia química y térmica.
- Compatibilidad con otros materiales.
- Idoneidad para el envasado de alimentos.

**Poliacetileno**

Alan Heeger, Alan MacDiarmid y Hideki Shirakawa desarrollaron en 1977 el poliacetileno (trans-acetileno), un polímero conductor de la electricidad por el que recibieron el premio Nobel de Química en el año 2000. Por medio del dopaje químico, crearon un tipo de polímeros que incrementaban su conductividad eléctrica a temperatura ambiente, abriendo la puerta a la creación de nuevos materiales antiestáticos, conductores, condensadores o anticorrosión nuevos y únicos en la historia de los polímeros, considerados típicamente aislantes eléctricos.



Dendrimeros

La década de los 80 del siglo XX dejó grandes avances científicos, que complementaban desarrollos industriales previos. Es el caso de Webster y Sogah, quienes en 1983 descubrieron la polimerización por transferencia de grupo y su aplicación a

la polimerización controlada de polímeros acrílicos, es decir, sentando las bases del diseño de polímeros con estructura precisa, en cuanto a la longitud de cadena y distribución de bloques. Un año después, el químico estadounidense Donald Tomalia logró crear el primer dendrímico, una ma-

Reciclaje

El plástico puede durar hasta 400 años en el medio ambiente, pero a su vez se trata de un material con una gran capacidad de reciclado. Por esta razón, a partir de la década de 1980, la industria del plástico lideró una iniciativa que alentó a los municipios a recolectar y procesar los plásticos usados como parte de sus sistemas de gestión de residuos.

En 1980 un grupo de trabajo conjunto formado por Sony y Philips sentó las bases de desarrollo de los discos compactos. Estos primeros CD de 1,2 mm de grosor de policarbonato de plástico y aluminio podían almacenar 650MB o 74 minutos.

cromolécula tridimensional de forma arbórea. La gran versatilidad de los dendrimeros y su bajo coste permitieron que se produzcan más de 10.000 materiales diferentes para su aplicación industrial, con nuevas propiedades físicas, químicas y mecánicas.

Aviación

El 26 de octubre del año 2011 se realizó el primer vuelo comercial del Boeing 787-8 entre Tokio y Hong-Kong. Este avión fue denominado como Boeing's Plastic Dream, ya que su revestimiento se realizó con compuestos 100% plásticos. Se utilizaron polímeros para fabricar el 50% de todos los materiales del avión. En los últimos años, la aviación comercial ha incrementado sistemáticamente el uso de este material,

cada vez más habitual en las aeronaves. En este sentido, la marca Airbus puso en servicio el modelo A350 en 2015 – el primer vuelo fue operado por Qatar Airways el 15 de enero de ese año entre Doha y Frankfurt-, convirtiéndose en la primera aeronave de la compañía en la que tanto el fuselaje como las estructuras del ala están formadas esencialmente por materiales compuestos. En concreto, el 53% de este avión está fabricado con compuestos plásticos.



Boeing 787-2

Polimerización y copolímeros

La polimerización radical controlada fue desarrollada por Mitsuo Sawamoto y Krzysztof Matyjaszewski en 1995. Basándose en el concepto introducido por Takayuki Otsu en 1981, esta pareja de científicos logró controlar una nueva técnica de polimerización radicalaria que permitió el diseño y síntesis de polímeros con estructuras definidas y controladas. Por trabajos como el suyo, la combinación de polímeros para formar mezclas poliméricas experimentó un gran desarrollo en la década de los 90 del pasado siglo.

Polietileno RFX1

En 2005 la NASA estuvo desarrollando la investigación en el polietileno RFX1. Este material es cinco veces más resistente que el aluminio y 2,6 veces más ligero. Además, es un 50% más resistente a la radiación solar, por lo que se plantea que sea un compuesto clave para la colonización de Marte.

A partir de 2018 el plástico ha vuelto a formar parte de las carcasas de los móviles con el objetivo de abaratar costes. Este proceso esta combinado con la utilización generalizada de fundas de protección que hacen que las carcasas no se vean y se haya devaluado el diseño de las mismas.





“Mi querido colega, abandone su idea de las largas moléculas. Las moléculas orgánicas con peso molecular superior a 5000 dalton no existen. Purifique bien sus productos, como el caucho, y así cristalizarán debidamente y le harán ver su carácter de moléculas de bajo peso molecular”.

Fragmento de una carta de Heinrich O. Wieland, Premio Nobel en Química en 1927, a Herman Staudinger.

(Afortunadamente Herman Staudinger hizo caso omiso y prosiguió sus investigaciones en moléculas grandes, recibiendo por ello el Premio Nobel en Química en 1953, convirtiéndose en uno de los padres de la Ciencia de los Polímeros).

1 Composición, características y tipos

Los polímeros son moléculas grandes que están constituidas por unidades que se repiten, denominadas monómeros. El término polímero proviene del griego (poli “muchos” y meros “partes”). En consecuencia, los polímeros engloban a todas aquellas estructuras que tienen un tamaño grande con una unidad que se repite, incluyendo a los plásticos. Así, un plástico es un polímero que además contiene otros componentes como, por ejemplo, cargas, refuerzos, pigmentos, colorantes, estabilizantes, antioxidantes, retardantes, plastificantes, lubricantes, compatibilizantes, etc. Lo que distingue a los polímeros de los materiales constituidos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades mecánicas. En general, los polímeros tienen una muy buena resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas interactúan entre sí, y son esas interacciones causantes de sus propiedades.

Los polímeros pueden ser naturales, cuando proceden de seres vivos, sintéticos, cuando se preparan íntegramente por reacciones químicas de polimerización de monómeros, y modificados, cuando provienen de la modificación química de polímeros naturales. Evidentemente, los naturales los producen los seres vivos y tienen una función específica. Esta función es en muchos casos estructural, como los polisacáridos celulosa o quitina. Se pueden emplear como tales o modificarlos químicamente para dar lugar, por ejemplo, al poliacetato de celulosa o celofán, rayón o viscosa, o al quitosano.

En cuanto a los polímeros totalmente sintéticos, los monómeros que los constituyen provienen generalmente del petróleo, que es una mezcla compleja de unas 17.000 sustancias. A partir de él, por diversos procesos de craqueo, se obtienen unos 40 compuestos básicos de los que derivan los 40.000 productos químicos que se utilizan tanto para la síntesis de



polímeros, como para la elaboración de medicinas, acondicionamiento de alimentos, limpieza del hogar o cuidado corporal. Ejemplos de polímeros sintéticos son las poliamidas, el poliestireno, el polietileno, el tetrafluoroetileno o las siliconas, entre muchos otros.

La palabra plástico también proviene del griego y significa “que se puede moldear”. Para ello es necesario aportar calor y en este sentido el comportamiento térmico de los polímeros es un parámetro clave en su procesado para dar forma a los plásticos. Atendiendo a este comportamiento térmico, los polímeros se clasifican en termoplásticos, cuando al calentarlos se reblandecen y pueden moldearse a presión, o termoestables, cuando no funden, de modo que al calentar no se pueden moldear.

Por otro lado, existe una nueva tendencia que consiste en la introducción de nuevos polímeros biodegradables, materiales que se degradan por acción de organismos vivos, con el objetivo de disminuir la cantidad de residuos de plástico en el medio ambiente.

8.300
millones de toneladas

de plástico han sido generadas por el ser humano a lo largo de su historia según la periodista Raquel de la Morena de la revista *Muy interesante*. Su peso equivaldría al de 1.000 millones de elefantes, 822.000 torres Eiffel u 80 millones de ballenas azules.

plás ti cos

Por su origen, los polímeros biodegradables se pueden clasificar en:

De origen natural: extraídos de animales, vegetales e incluso bacterias, como el almidón, la celulosa, proteínas o hidratos de carbono.

Naturales modificados: como el acetato de celulosa.

Sintéticos: entre los que destacan el ácido poliláctico y la policaprolactona, de fácil obtención y procesamiento.

Mezclas de los anteriores: formadas por polímeros naturales y sintéticos, también llamados copolímeros, como la mezcla de almidón y poliestireno. Son materiales con propiedades mecánicas diversas y que permiten controlar la velocidad de degradación del polímero.

Por su parte, los plásticos más comunes son:

PVC: este polímero, preparado a partir de policloruro de vinilo, es el plástico más empleado por detrás del PE, y debido a sus características de resistencia química y aislamiento, se emplea en multitud de elementos de la construcción que requieren una gran vida útil (más de 50 años). Por otro lado, debido a su alto grado de inflamabilidad, actualmente se están buscando materiales plásticos alternativos.

PET: poli(tereftalato de etileno) de alto nivel de transparencia. Impide la entrada de oxígeno, por lo que su uso más extendido es en botellas de agua y refrescos. Es totalmente reciclable a un coste bajo y susceptible de usarse para generar

plásticos de igual o mejor calidad en el proceso.

Polipropileno: plástico de resistencia media al calor, esterilizable y con escasa flexibilidad. Forma parte de envases, envoltorios y utensilios y recipientes de cocina. Puede someterse a procesos de reciclado.

Poliestireno: sus cualidades aislantes y resistentes lo han convertido en un material muy utilizado en la construcción. Su dureza y solidez han supuesto que sea un plástico frecuente en productos que requieren transparencia, como envases de alimentación y equipos de laboratorio. Su combinación con otros plásticos y aditivos aumenta sus usos en electrodomésticos, juguetes y elementos de jardinería, así como protector para envases de transporte. Su reciclado requiere de un alto gasto energético dado que se realiza mediante altas temperaturas.

HDPE: Polietileno de alta densidad muy utilizado por su alta resistencia. Es el plástico que solemos ver en productos de limpieza, garrafas, barriles, botellas de leche y botes y tubos de cremas, por su alta maleabilidad y versatilidad. Su reciclaje permite su reutilización para cubos de basura y reciclaje domésticos y otros envases.

LDPE: Polietileno de baja densidad elástico y transparente. Su producción es de las más baratas, por lo que es ampliamente utilizado. Es el material de las bolsas de plástico, el film transparente o el aislante de los cables eléctricos. Reciclado, sirve para fabricar los mismos objetos.



2 Historia, plásticos y química

No se puede entender el mundo de los polímeros sin la química. Aunque existieron leves acercamientos al mundo de los polímeros durante la historia, no es hasta el siglo XIX cuando la sociedad comienza a involucrarse en el desarrollo de los plásticos. Los científicos del momento se dan cuenta de que hay un gran camino por andar de la mano de este nuevo material y comienzan a realizar los primeros experimentos, que muchos casos no tenían una finalidad específica.

En 1912, Fritz Klatte mezcló acetileno y ácido clorhídrico formando mediante una reacción química el PVC. No obstante, en aquel momento no se le concedió un posible uso, llegando a expirar su patente en 1925. Actualmente, sin embargo, el PVC es uno de los plásticos que más se ha usado en tuberías y ventanas, entre otras aplicaciones. Sin embargo, la gran eclosión de los plásticos comenzó en la década de los treinta del siglo XX. Unos años antes, en 1920, Hermann Staudinger, desarrolló el concepto de macromolécula y explica que los polímeros son grandes cadenas de moléculas –monómeros– que se repiten, generando aceptación en cuanto a la estructura molecular de los polímeros. Estos hallazgos le valieron ser merecedor del Premio Nobel de Química en 1953. Fue en el periodo de entreguerras y durante la Segunda Guerra Mundial cuando se produjo un importante salto en el terreno de la investigación, que trajo consigo un importante avance tecnológico aplicable a muchas otras disciplinas. La industria de los plásticos desarrolló adhesivos, pinturas, diferentes tipos de polímeros, convirtiéndose en una referencia en cuanto su desarrollo científico.

En los años posteriores, gracias a los avances de Debye, Ziegler y Natta, Wallace Carothers, Herman Mark y Kurt Meyer entre otros se avanzó en el conocimiento de diferentes materiales poliméricos se introdujeron los plásticos como materiales

de gran consumo y se aplicó al campo de la ingeniería. Este uso masivo sigue estando un tanto descompensado con el establecimiento de las bases científicas para el estudio de los polímeros hasta Paul J. Flory, que articula la ciencia de los polímeros.

Durante la segunda mitad del siglo XX la ciencia de los polímeros experimentó un avance imparable ligado a las demandas de la sociedad, aumentando el consumo de plásticos de manera significativa. En 1991 se premia a Pierre-Gilles de Gennes por desarrollar una teoría generalizada de las transiciones de fase con aplicaciones particulares para describir el orden y las transiciones de fase en polímeros.

Con la llegada del nuevo milenio, las investigaciones en polímeros no descansan. Se siguen descubriendo nuevos polímeros por síntesis de nuevos monómeros y modificación de cadenas poliméricas existentes. También se está consiguiendo establecer nuevas características para estos materiales, como demostraron Alan J. Heeger, Alan G. MacDiarmid, e H. Shirakawa, con el descubrimiento de plásticos conductores.

España no ha vivido ajena al impacto de este material y por ello, en 1947 se crea la sección de plásticos del Instituto de Química Orgánica “Alonso Barba”, que cambiará de nombre hasta consolidarse en 1987 con la denominación de Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP), perteneciente al CSIC. La importancia del desarrollo de los polímeros motivó que en la década de los noventa surgieran centros de I+D de polímeros en las empresas y en las universidades. Actualmente, muchos centros universitarios, tanto públicos como privados, tienen grupos de investigación dedicados al estudio y desarrollo de nuevos polímeros.



Paul Flory

Químico estadounidense cuyos trabajos sobre macromoléculas le llevaron a recibir el premio Nobel de esta disciplina en 1974.

3 Plástico, electricidad y electrónica

Una de las características del plástico es gran resistencia eléctrica, lo que le convierte en un aislante eléctrico excelente. Los metales, por otro lado, son generalmente buenos conductores eléctricos. Pues bien, la simbiosis de estos materiales ha conformado una nueva edad dorada del avance tecnológico. Juntos, plástico y metal, conforman la base de los aparatos electrónicos en su mayoría. Los aparatos electrónicos son productos complejos. El metal redundante en las partes conductoras de los aparatos, en los cables y los engranajes que significan la funcionalidad. El plástico fundamenta el aislamiento y el diseño. Pero es esta última la que ofrece una versatilidad que ha contribuido a que estos útiles gocen de un enorme protagonismo en la vida diaria. Asimismo, los plásticos tienen gran importancia en la fabricación de los microprocesadores, que son la base de la electrónica.

Electrodomésticos, ordenadores o teléfonos móviles son algunos de estos artefactos electrónicos que nos hacen la vida más fácil. Actualmente, todos disponemos de estos aparatos para nuestro uso personal. El plástico les da forma y les dota de identidad. El mejor ejemplo es el teléfono fijo que existía hasta los primeros años del siglo XXI. El soporte del auricular y el micrófono forman parte ahora de los iconos de nuestros smartphones, aunque a las generaciones que no convivieron con este útil les resulta difícil identificarlo con su uso original. Las pantallas de estos dispositivos tienen en el vidrio un componente esencial pero el plástico está adquiriendo también esta funcionalidad. Diferentes marcas están investigando en prototipos de pantallas LCD de plástico aplicables a diferentes productos móviles. La ventaja principal radica en la limitación del grosor y del peso, pudiéndose llegar a dos tercios de la profundidad del aparato y la quinta parte de su peso.



Aislante eléctrico

El plástico es un buen aislante. Por este motivo se utiliza sistemáticamente en todo tipo de cableados eléctricos. En las instalaciones eléctricas domésticas encontramos cables de tres colores:

- Color verde y amarillo para la Tierra.
- Color negro, marrón o gris para la Fase.
- Color azul para el Neutro.

Hoy por hoy, el horizonte del plástico aspira a conformar al 100% todos estos objetos. La industria electrónica está desarrollando componentes electrónicos plásticos. La plastrónica está incorporando nuevas dimensiones del plástico, integrando cualidades electrónicas a objetos realizados en polímeros especiales. Algunas de estas ideas estaban planteadas hace más de una década, pero han tenido que esperar hasta este momento para alcanzar una cualidad conductiva que les permita resolver estas nuevas necesidades. Esta nueva tecnología se plantea como una respuesta económicamente más viable que la electrónica del silicio, aunque todavía está en una fase de consolidación. Uno de los elementos en los cuales se destaca esta aplicación es en las nuevas pantallas flexibles de los teléfonos móviles que se están presentando últimamente.

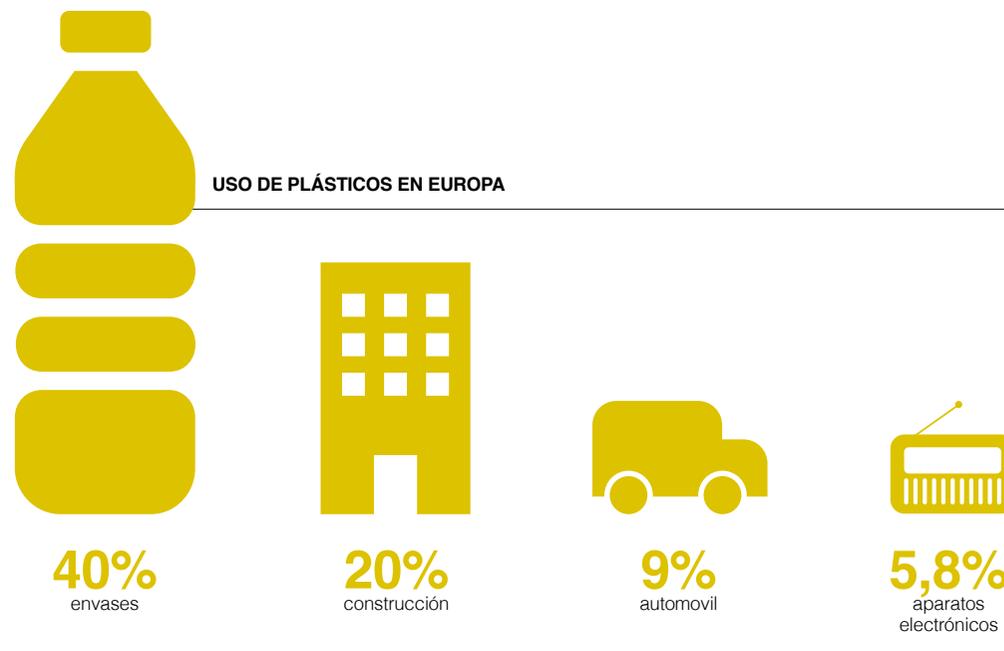
4 La sociedad del plástico

La importancia del plástico en el mundo contemporáneo se encuentra fuera de toda duda. Los materiales poliméricos pueden obtenerse en multitud de formas (fibras, films, recubrimientos, etc.), debido a su alto grado de procesabilidad, y por este motivo sus aplicaciones copan todos los ámbitos de desarrollo del ser humano, desde la salud, la higiene o la alimentación al transporte, el vestido y la vivienda.

Desde la Revolución Industrial, el desarrollo económico ha permitido hacer accesible todo tipo de productos a la sociedad. El plástico ha sido clave en esta idea, puesto que su fabricación y desarrollo ha permitido abaratar los costes de extracción y evitar los materiales naturales, que son finitos. La industria del plástico requiere de una inversión inicial en maquinaria y química para la creación de la materia prima, que se amortiza según aumenta la producción. Además, el reemplazo de materiales naturales por plástico ha hecho más accesibles muchos de los bienes que son fundamentales en la sociedad actual, gracias a la disminución de sus costes.

Los plásticos, gracias a su versatilidad, han sustituido a otros materiales para complementar herramientas. Han reemplazado a la madera en los mangos de las herramientas; han suplantado a los metales en tuberías; han reemplazado a los morteros para unir diversos materiales constructivos; conforman fibras textiles, sirven como envases y escribimos en ellos a través de nuestros aparatos electrónicos. El plástico ha permitido conseguir una flexibilidad en el diseño que optimiza los recursos gracias a su maleabilidad. Esta capacidad permite conseguir formas con unas características especiales difíciles de obtener con otros materiales, redundando en la optimización de los espacios y desarrollando el diseño estético y el del producto. Los objetivos de diseño de

plás
ti
cos



un producto pueden afectar hasta en un 90% en los costes de fabricación y en el 80% del impacto ambiental generable.

Por su parte, la optimización energética tiene en el plástico a uno de sus mejores aliados. El gasto energético es uno de los grandes retos de la sociedad actual. La actual normativa del Código de la Edificación convierte al aislamiento térmico en uno de los objetivos básicos de un proyecto, tanto en obra nueva como en rehabilitación de edificios, sin renunciar al confort. Elementos como el poliestireno expandido y los poliuretanos permiten conseguir una solución aislante barata y eficaz para conservar el calor en nuestros hogares, así como reducir notablemente el peso en automóviles, aviones, ferrocarriles y otros medios de transporte.

La producción mundial de plástico en el año 2015 fue de 322 millones de toneladas, aumentado así al doble desde la década de 1960. Solo en Europa se consumieron 49 millones de toneladas, de las cuales un 40% fueron destinadas a embalajes y envases, casi el 20% a la construcción, cerca del 9% a la fabricación de automóviles y el 5,8% a aparatos electrónicos.

5 Ciencia y tecnología de los polímeros

Hoy en día, la ciencia y tecnología de polímeros se dirige hacia la obtención y estudio de polímeros especiales, preparados directamente mediante síntesis de nuevos monómeros, o bien a través de modificaciones químicas y físicas de polímeros preexistentes. Esta rama del conocimiento se ha convertido en una ciencia puntera, eminentemente interdisciplinar, que se encuentra en las fronteras de la química, la física, la ingeniería y la biología, y que además exige conocimientos sobre síntesis, caracterización, estructura, procesado, propiedades y comportamiento de los materiales.

De esta manera, los polímeros actualmente forman parte de una amplia gama de materiales estructurales, funcionales y de aplicaciones especiales, que encuentran aplicación en la industria de la construcción, aeronáutica, automovilística, del envase y embalaje, electrónica, en aplicaciones médicas, etc., adquiriendo una gran importancia en la economía y en el bienestar social. Sin duda, los plásticos son esenciales para la vida moderna. Estos materiales han hecho posible el desarrollo de ordenadores, telefonía móvil o el instrumental médico encargado de salvar vidas, propio de la medicina moderna contemporánea. Su importancia es tal que los plásticos representan aproximadamente el 20% de los materiales que componen dichos aparatos.

Gracias a los avances de la ciencia aplicada al estudio de los plásticos, las innovaciones son constantes y cada vez surgen nuevos tipos y nuevas aplicaciones basadas en su funcionalidad. El Viton es un ejemplo de ello. Este fluorelastómero tiene variedad de usos industriales y aeroespaciales gracias a sus características mecánicas y químicas, entre las que destacan la resistencia a altas temperaturas, a la presión o su baja reactividad. Su potencialidad es tan grande que en 2015 DuPont

generó The Chemours Company para gestionar este nuevo producto. En 2019, Basf implantó en el interior de un coche la tecnología Ultramid® Vision. Este producto está conformado por un tipo de poliamida semicristalina. La ventaja que ofrece este nuevo plástico es la alta transmisión de luz con muy poca distorsión, lo cual implica que este material puede ser muy funcional en la industria automovilística para el diseño de ventanillas, faros o espejos retrovisores, por ejemplo.

Triángulo de Möbius

La composición de los productos plásticos de uso diario se observa en una marca triangular con un número en su interior que va del 1 al 7, señalando el tipo de plástico con el que está hecho el producto y el orden de la cantidad que se recicla -el 1 es el que

más toneladas se reciclan-. Este símbolo universal del reciclaje se llama Triángulo de Möbius. Este código fue creado por Gary Anderson en 1970. Este estudiante de la Universidad de California adoptó el símbolo del matemático Möbius para un

concurso que organizó la empresa de envases de cartón Container Corporation of America el 22 de abril, Día de la Tierra. Cada una de las flechas hace referencia a cada paso de reciclaje: recogida, transformación y vuelta al mercado.



6 Reciclaje, sostenibilidad e innovación

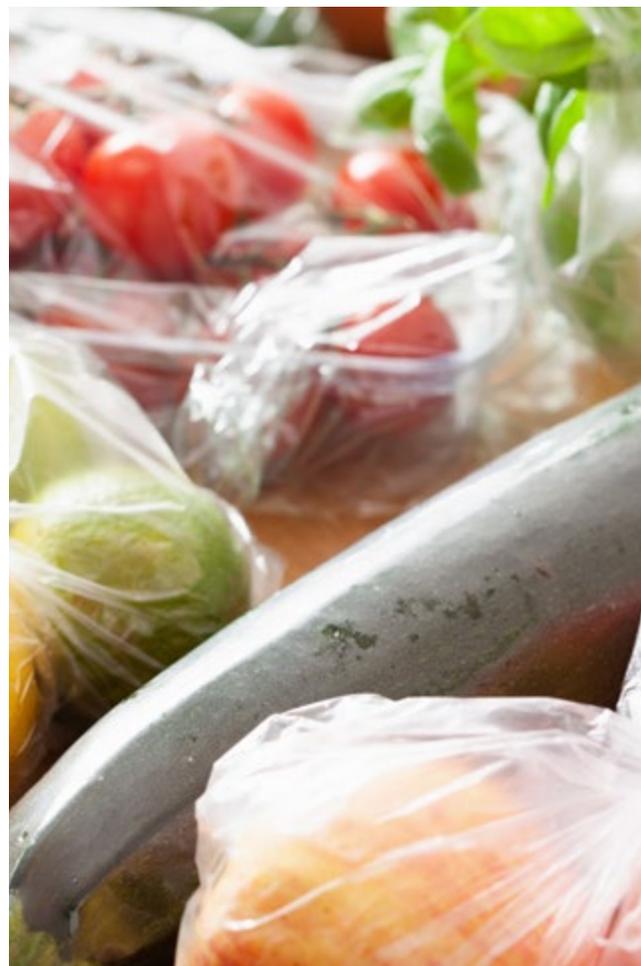
La evolución humana y el desarrollo tecnológico han conseguido que la humanidad pueda disfrutar de innumerables comodidades. De las necesidades básicas como alimentarse, protegerse de los peligros del ecosistema o reproducirse como especie hemos pasado a solventar necesidades que tienen aplicaciones secundarias como la comodidad o el ocio.

El gran desarrollo tecnológico alcanzado durante la segunda mitad del siglo XX provocó la generación de muchos residuos que el ser humano no supo tratar en su momento, lo que provocó el surgimiento de problemas medioambientales de carácter global cuyas consecuencias aún perduran.

Por esta razón, desde finales de la década de los 80 del siglo pasado, se ha apostado por el reciclaje como una de las maneras de paliar el impacto ambiental del ser humano sobre el ecosistema. En algunos materiales el éxito comienza a ser patente, como en los metales y el vidrio, donde se están consiguiendo unas tasas de reciclaje de entre el 50 y el 90 por ciento, frente al 10% de los plásticos.

Uno de los retos a los que se enfrenta la industria del plástico es conseguir reciclar un mayor porcentaje del plástico. Muchos de los aparatos eléctricos y electrónicos que manejamos normalmente no están diseñados para su reutilización y ello complica considerablemente la reutilización de los plásticos. Por estos motivos, en 2020 se espera que unas 2,5 millones de toneladas del plástico desechado provengan de aparatos electrónicos.

Este impacto no es solo perceptible a nivel de generación de materiales, sino también en cuanto a consumo energético, puesto que las mejoras en el reciclaje permitirían reducir un



50 kg de plástico

es lo que se ha calculado que consume una persona de media al año. En 2019, un trabajo dirigido por Kieran Cox, de la Universidad de Victoria (Canadá), demostró que una persona consume al menos 50.000 partículas de plástico al año y respira una cantidad similar.

plás
ti
cos

80% el consumo energético respecto a la fabricación de polímeros desde materias primas. Los procesos de reciclaje del plástico más utilizados son:

- **Reciclaje mecánico:** granulado de las piezas plásticas para su tratamiento posterior.
- **Reciclaje químico:** degradación del plástico por calor para obtener moléculas simples con las que fabricar otros plásticos o combustibles.
- **Reciclaje energético:** conversión del plástico para su aprovechamiento energético, reutilizando su capacidad calorífica para la obtención de energía calorífica o eléctrica.

Hoy en día están surgiendo propuestas que buscan una participación integral de la sociedad en el reciclaje de los polímeros. Este es el caso de PolyCE, una iniciativa de la Unión Europea para fomentar el reciclaje de polímeros en elementos de alta tecnología dentro del ámbito de una economía circular. Este proyecto trata de concienciar a productores y consumidores sobre la importancia del reciclado de plásticos y su aceptación para el consumo. Actualmente se encuentra liderada por Fraunhofer IZM e integrada por diversas universidades como la Universidad de las Naciones Unidas de Bonn, la Universidad de Gante, la Universidad Técnica de Berlín, la Universidad de Northampton, el European Environmental Bureau y varias empresas, entre las que destacan Philips y Whirlpool. Sus socios tienen su sede u operan en nueve países europeos: Bélgica, Holanda, Italia, Alemania, Austria, España, Finlandia, Estados Unidos y el Reino Unido. Este proyecto está financiado a través de la Comisión Europea, con el respaldo de la ONU.



17 kg de reciclaje

Según Ecoembes, en 2019 cada ciudadano depositó 17,1 kg de envases de plástico, latas y briks en el contenedor amarillo.

La ciencia está avanzando para obtener plásticos más seguros y sostenibles, con el menor impacto ambiental posible. Se están desarrollando bioplásticos, hechos de cultivos de plantas en lugar de combustibles fósiles para crear sustancias más ecológicas. Otros están trabajando para hacer plásticos que sean 100% biodegradables, como los compostables o los bioplásticos. Entre estos podemos encontrar desde los hilos de sutura reabsorbibles a los cartuchos de caza biodegradables.

Aunque a corto y medio plazo la preocupación imperante de la industria plástica es la sostenibilidad, la ciencia de los polímeros sigue su desarrollo. Los principales objetivos de la investigación científica en polímeros se centran en la preparación de materiales de gran fortaleza mecánica y térmica, resistentes a la oxidación, no inflamables y que respondan a diferentes estímulos externos (polímeros inteligentes). Otros campos de investigación se relacionan con la obtención de polímeros biocompatibles (para aplicaciones en medicina) y polímeros biodegradables. La ciencia de polímeros pretende estudiar a nivel molecular la química de los materiales para comprender sus propiedades a mayor escala.

plás ti cos

Bibliografía

Billmeyer, W.F. (1975). *Ciencia de los Polímeros*. Editorial Reverté. Barcelona. 612 p.

Fenichell, S. (2019). *Plastic: The Making of a Synthetic Century*. Harper Business Publications. Nueva York. 368 p.

García Pérez, J.M. (2014). *La Edad de los Polímeros. Un Mundo de Plástico*. Lección inaugural de Curso 2014-2015. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Burgos. Burgos. 55 p.

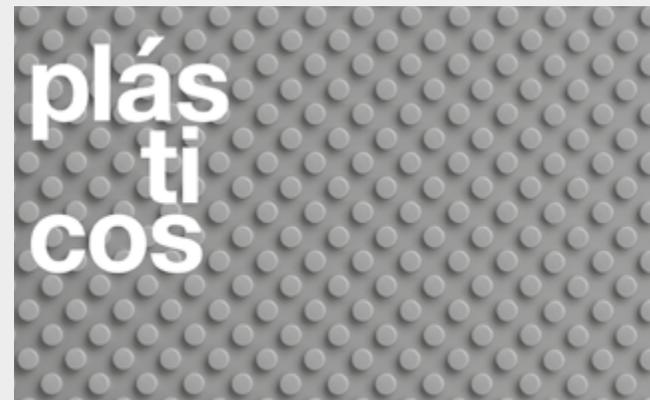
Morawetz, H. (1995). *Polymers: The Origins and Growth of a Science*. Dover Publications Inc. Dover. 320 p.

Morris, P.J.T. (1990). *Polymer Pioneers: A Popular History of the Science and Technology of Large Molecules*. The Beckman Center for the History of Chemistry Philadelphia, Pa., 5. Universidad de California. 88 p.

Reynoso, S.L (2018). *Los Polímeros Plásticos: Los Conceptos Básicos que debes conocer durante y al salir de la Universidad*. Ciudad de México DF. 255 p.

Vallet, M. (2013). *Biomateriales*. Colección ¿Qué sabemos de? Editorial CSIC y Catarata. 128 p.

Recursos audiovisuales



Materiales. Una historia sobre la evolución humana y los avances tecnológicos

Plásticos
UBU



Plásticos
National Geographic

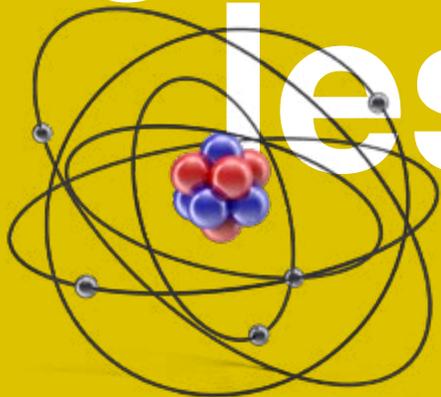


La historia del plástico
Aprender Ciencia.



nano mate ria les

nano mate ria les



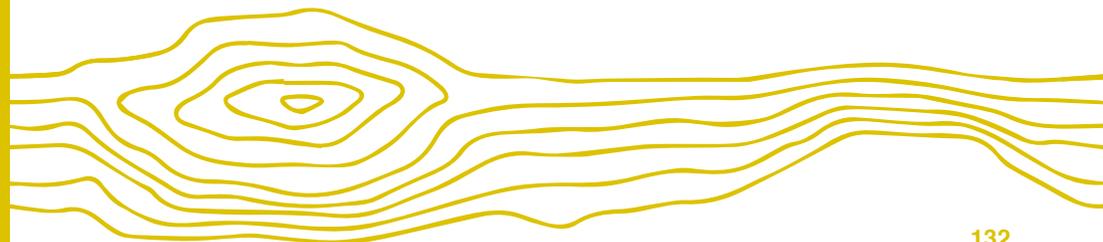
El ser humano ha sido capaz de transformar las materias primas obtenidas de la tierra para cubrir sus necesidades durante toda la historia, aprovechando y utilizando diferentes materiales. Sin embargo, desde finales del siglo XX se ha iniciado una nueva fase en la que hemos conseguido elaborar nanomateriales que no existían en la naturaleza. Su principal característica radica en que se trata de materiales completamente artificiales, aunque sí es cierto que algunas de sus moléculas pueden tener un origen natural. Por otro lado, se trata de materiales que por su tamaño no son perceptibles al ojo humano, con lo que solo pueden ser observados con microscopios electrónicos de alta potencia o de fuerza atómica. Hablamos de los denominados nanomateriales, un tipo de materiales únicamente visibles a escala nanométrica, cuyo descubrimiento y desarrollo ha sido posible gracias al desarrollo tecnológico reciente. En concreto, se define nanomaterial como un material en el que alguna de sus tres dimensiones es menor de 100 nanómetros. Para hacernos una idea, un milímetro contiene un millón de nanómetros.

Los nanomateriales han estado presentes en la tecnología humana desde hace cientos de años, si bien no teníamos conciencia de su existencia. Aparecían nanopartículas metálicas en los óxidos que coloreaban las vidrieras y en el esmalte plateado y dorado de las cerámicas andalusíes. Asimismo, se ha descubierto que la dureza de los mejores aceros de la historia era producto de la presencia de nanopartículas de carbono colocadas en cierto orden, cuya presencia no se pudo explicar hasta el descubrimiento de estos compuestos de pequeñísimo tamaño.

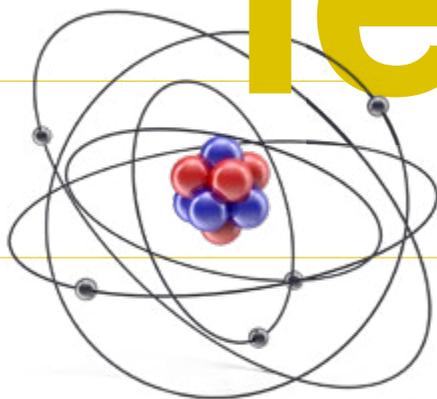
A finales del siglo XX, el avance de la óptica había llegado a su potencial más alto, haciéndose imposible superar el número

máximo de aumentos que podía ofrecer una combinación de lentes y el ojo humano. La superación en el campo de la visualización y análisis de compuestos llegó de la mano de la Física, cuando se crearon los primeros microscopios que utilizaban haces de electrones en vez de la luz habitual para poder ver la muestra, lo que permitió analizar a gran escala la composición de los materiales. La invención de los microscopios electrónicos potenció una investigación molecular aún más detallada. Por primera vez en la historia, los seres humanos pudimos ver la partícula más pequeña que conformaba un material, su relación con el resto de las partículas y replicar o alterar su sistema para mejorar sus cualidades. Así como la ciencia de polímeros imitaba los compuestos naturales y permitía desarrollar mejoras, la ciencia de nanomateriales es capaz de analizarlos, crearlos y/o imitarlos a escala atómica. Estos nanomateriales se pueden crear a partir de materiales macroscópicos por reducción de su tamaño, o por una combinación adecuada de átomos hasta llegar a la nanoestructura deseada.

En el siglo XXI, la nanotecnología tiene multitud de aplicaciones tecnológicas, biomédicas, farmacológicas o de ingeniería y es la tecnología con más potencial en el mundo de los materiales con nuevas formas y materiales como como nanopartículas, nanopolímeros, nanomateriales orgánicos u otros basados en el carbono -como los fullerenos, el grafeno o los nanotubos de carbono-. La nanociencia nos permite ver y controlar los átomos individuales y las moléculas presentes en todo lo que nos rodea. Desde la comida que comemos, la ropa que llevamos, las piedras, los árboles, el papel, el vidrio, los textiles, los plásticos, el agua e incluso nuestro propio cuerpo se está estudiando a una nueva escala que está posibilitando una reestructuración científico-tecnológica donde los nanomateriales tiene un lugar muy destacado.



nano mate ria les



propiedades

características

Conductividad eléctrica

La conducción eléctrica depende de la estructura atómica de los materiales, especialmente de la movilidad de sus electrones. Con átomos de carbono se puede crear un material como el grafeno, que aumenta sus características conductoras hasta el nivel del cobre.

Resistencia mecánica

Los nanomateriales se están usando en la actualidad para la generación de estructuras capaces de soportar grandes pesos. Materiales como la espuma de titanio se utilizan como soporte de prótesis óseas.

Color

La disposición nanométrica de los materiales varía el color. El oro en disolución coloidal es rojo frente al amarillo metálico del oro convencional.

Reactividad química

Es la capacidad de los elementos químicos de reaccionar en presencia de otras sustancias químicas o reactivos, formando nuevos compuestos.

Magnetismo

Es la capacidad de los materiales de generar campos magnéticos, atrayendo o alejando objetos según su polaridad. Al variar la capacidad eléctrica de los materiales también varía su magnetismo. Las propiedades físicas y químicas de las nanopartículas magnéticas dependen en gran medida del método de síntesis y de la estructura química que puede modificarse gracias a la nanociencia.

Estructura molecular

La estructura de las moléculas cambia con respecto a la forma de las materias primas que conocemos. Un ejemplo es la variación de la estructura cúbica/cristalina del diamante frente a la multitud de formas estructurales que presentan los nanomateriales de carbono, a pesar de ofrecer una misma composición química, únicamente átomos de carbono.

Masa

En la actualidad, el aerografeno, otro compuesto de carbono creado por nanociencia, es el material más ligero que existe.

Elasticidad

Propiedad de un cuerpo sólido para recuperar su forma cuando cesa la fuerza que la altera. El grafeno es elástico frente al grafito y el diamante que son rígidos, teniendo todos la misma composición química.

A lo largo del tiempo

Edad Antigua,
Media y Moderna

Nanomateriales

año 500 a.c.

Invisibles

Aunque los nanomateriales son un descubrimiento muy reciente en la historia, siempre han estado presentes en la naturaleza, si bien no de manera visible al ojo humano.

Vidrio dicroico

En el siglo IV se fabricó la copa de Licurgo: una copa de metal y vidrio donde este último cambia de coloración según cómo se ilumine. Esto es debido a la utilización de vidrio dicroico en su fabricación, un vidrio que



Copa Licurgo

Esmaltado árabe

Gran parte de la cerámica de la Edad Media y el Renacimiento contaba con un lustre metalizado con brillos que evocaban el oro y el cobre. Esta técnica de esmaltado de origen árabe se desarrolló por la prohibición del uso de metales preciosos para la elaboración de obras de arte en el mundo musulmán. Esta técnica consistía en la mezcla de sales de plata y cobre con óxidos y vinagre que se aplicaban en la superficie de la cerámica, previamente vidriada. Al cocerse en el horno en una atmósfera reductora, la mezcla dejaba un acabado metálico por la presencia de nanopartículas de estos metales.



año 1000

Nanometría y vidrieras

Las vidrieras también contaban sin saberlo con tecnología nanométrica. Los vitrales góticos y renacentistas tenían en sus decoraciones nanopartículas metálicas producto de los óxidos utilizados para su coloración.



Vidriera medieval de la catedral de Canterbury (Reino Unido).

Acero de Damasco

Este legendario tipo de acero fue uno de los metales con el que se fabricaron los cuchillos durante los siglos XII y XIII, debido a su gran dureza y filo. Las espadas de la capital siria eran realizadas con técnicas de fundición y enfriamiento lentas. Esto permitía la presencia de nanopartículas de carbono en los sucesivos trabajos de la hoja, dotándola de su legendaria durabilidad. Esta técnica histórica se aplica en la actualidad para la producción de cuchillería de alta gama.



año 1200

nanomaterials



Michael Faraday
(1791-1867)

Oro coloidal

El físico británico Michael Faraday, conocido por sus estudios del campo magnético y la electrónica, descubrió en 1857 el oro coloidal. Esta disolución de nanopartículas de oro de color rojizo conserva hoy en día su estabilidad sin precipitación alguna en el fondo. El color del coloidal está relacionado con el tamaño de las partículas esféricas, presentando un color rojizo con aquellas de menos de 100 nanómetros y azulado o púrpura cuando son superiores. Actualmente, se utiliza con fines médicos y biológicos y es aplicada como pintura dorada en cerámica.

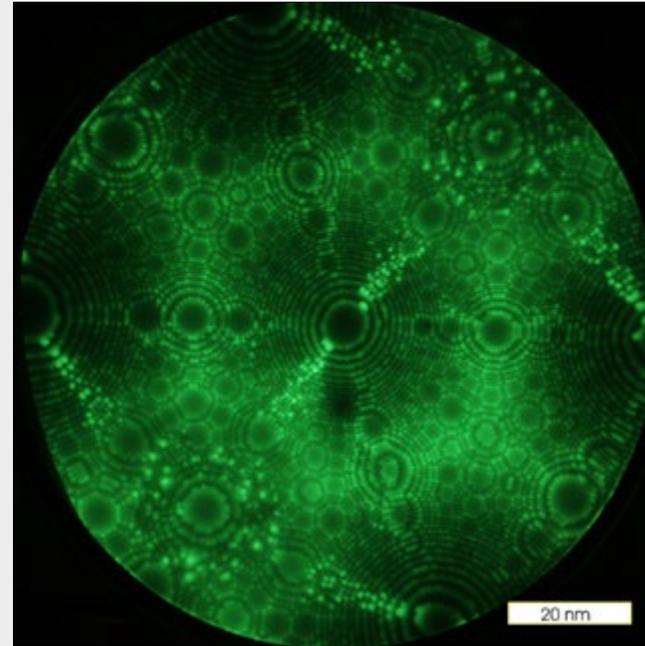
1 nm = 10^{-9} m

No fue hasta 1909 cuando el químico vienés Richard Adolf Zsigmondy publicó un estudio pormenorizado de las sales de oro y acuñó el término coloides, clasificándolos en tamaños de hasta 10 nm. Para ello se sirvió de un ultramicroscopio que permitía observar partículas inferiores a la longitud de onda de la luz.

año 1920

Viendo átomos

En 1937, Erwin Wilhelm Müller desarrolló el microscopio electrónico de emisión de campo, que permitía resoluciones de hasta dos nanómetros. En 1951, inventó el microscopio de campo iónico, el FIM, que permitía utilizar la imagen de la disposición de átomos en la superficie de una punta de metal afilada. Gracias a esta tecnología, en 1955 Müller y su ayudante, Kanwar Bahadur, lograron observar átomos de tungsteno individuales sobre la punta de tungsteno puntiagudo por enfriamiento a 21 grados Kelvin -empleando helio como gas de formación de imágenes-. Fue la primera vez en la historia en la que un ser humano veía un átomo aislado.



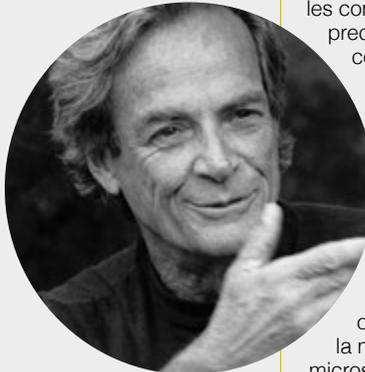
Imágenes obtenidas al microscopio de iones con un cátodo de tungsteno.

año 1950

Richard Feynman

En el año 1959, este físico teórico pronunció en Caltech, el instituto tecnológico de California, su célebre discurso *Hay mucho sitio al fondo*. En esta ponencia describió el proceso de manipulación de átomos y moléculas individuales con instrumentos de gran precisión para el diseño y construcción de sistemas en nanoescala, átomo a átomo. Esta conferencia es considerada el punto de partida de dos disciplinas científicas: la computación cuántica y la nanotecnología. Esta última formuló las infinitas posibilidades que ofrecía la investigación y la manipulación del mundo microscópico.

Richard Feynman
(1918-1988)



Eric Drexler

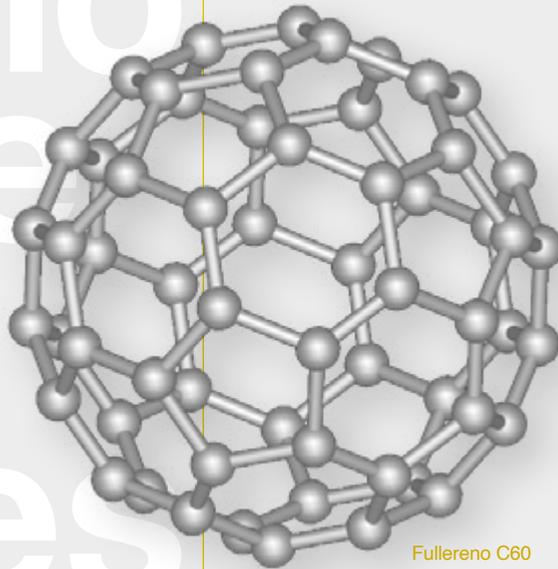
La nanotecnología molecular fue desarrollada por Eric Drexler en el Instituto Tecnológico de Massachusetts -MIT- en 1977. En la década siguiente, plasmó y corroboró en su libro *Motores de la creación*. La futura era de la nanotecnología lo describió veinte años antes por Feynman. Teorizó, por vez primera, con la descripción de una máquina nanotecnológica con capacidad de replicación, proponiendo el concepto de plaga gris para hablar de nanobots autoreplicables.



Nanotecnología

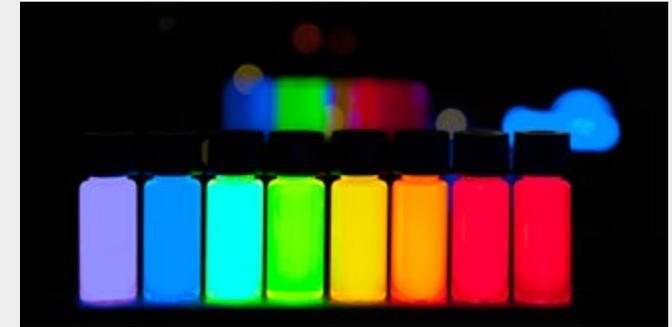
El concepto de nanotecnología fue acuñado por el científico japonés Norio Taniguchi en 1974. Este docente, profesor de la Tokyo University of Science, lo definió como el procesamiento, separación y manipulación de materiales en átomos independientes, así como para describir procesos de semiconductores nanométricos -como el fresado de haces de iones-.

nano mate rias les



Fullerenos

Richard Smalley, Robert Curl y Harlod Kroto descubrieron en 1985 los fullerenos. Estos nanomateriales tienen base de carbono de gran estabilidad química y son insolubles en agua. Están constituidos por entre 28 y 100 átomos de este elemento, distribuidos en anillos de diferente tamaño que conforman una esfera.



Muestras de puntos cuánticos con diferentes medidas de 10 nm de diferencia producidos por PlasmaChem.

Microscopio de fuerza atómica

En 1986, Gerd Binnig, Calvin Quate y Christoph Gerber, presentaron el microscopio de fuerza atómica en un trabajo publicado en *Physical Review Letters*. Este avance era capaz de detectar fuerzas del orden

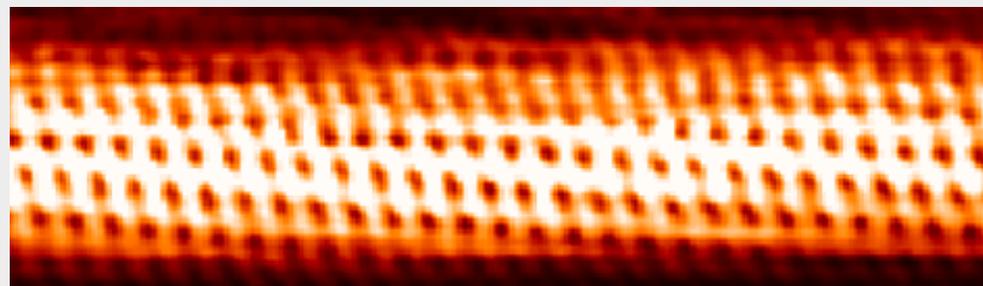
de los nanonewtons y fue un microscopio esencial en el campo de la nanotecnología por su labor para la observación y clasificación de muestras nanométricas. Por ello, recibieron el premio Kavli de Nanociencia, el más prestigioso en ese campo a nivel mundial, en 2016.

STM

En la década de los 80 del siglo XX se pudieron detectar las primeras nanopartículas gracias al avance en el campo de la microscopía electrónica. La multinacional tecnológica IBM desarrolló el primer microscopio de efecto túnel (STM), gracias al trabajo de

sus jefes del laboratorio de Zúrich -Gerd Binnig y Heinrich Rohrer-. Esta herramienta permitía tomar imágenes de superficie a nivel atómico, con una precisión impensable hasta la fecha. Recibe su nombre por el efecto túnel, fenómeno cuántico por el que una partícula rompe los principios de la mecánica clásica penetrando

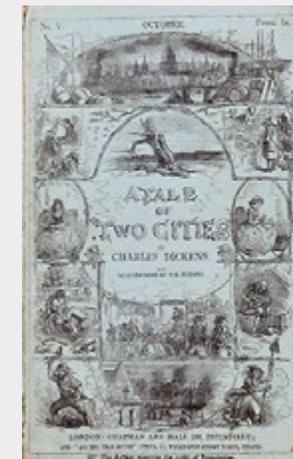
una barrera de potencial mayor que su propia energía cinética. Por esta labor, fueron galardonados con el premio Nobel de Física en 1986, que compartieron con Ernst Ruska, premiado por sus trabajos en óptica electrónica que incluían el primer diseño de microscopio electrónico.



Una imagen STM de un nanotubo de carbono de pared simple.

Un libro en una cabeza de alfiler

Durante su histórica ponencia de 1959, Richard Feynman lanzó un par de desafíos con una dotación de 1.000\$. La creación de un libro que solo pudiera ser visto a través de un microscopio y la creación de un motor 64 veces más pequeño que una pulgada. Este último fue resuelto a los pocos meses por el ingeniero William McLellan, que creó un motor de 13 componentes de 250 microgramos con una millonésima de caballo de potencia. En cambio, el desafío del libro tardó un poco más y no fue solventado hasta 1985, cuando Tom Newman fue capaz de escribir la primera página de Historia de dos ciudades de Charles Dickens en la cabeza de un alfiler. Para lograrlo



Portada original de *Historia de dos ciudades*, de Charles Dickens.

Newman se sirvió de un haz de electrón en una escala de reducción de 1/25000.

Los puntos cuánticos

Los puntos cuánticos son nanopartículas de materiales semiconductores que pueden contener entre 100 y 100.000 átomos, con un diámetro habitual de entre 2 y 10 nm. Su alta relación superficie-volumen hace que tenga unas propiedades muy diferentes a las de los materiales macroscópicos, sobre todo en aplicaciones electrónicas y ópticas.

nanomateriales

Portada invisible

En 1991, IBM protagonizó una portada de la revista Nature que no podría haber sido visible sin nanotecnología. Dos científicos de la empresa, Don Eigler y Eric Schweizer, escribieron las letras IBM posicionando a escala atómica 35 átomos de xenón en condiciones de vacío y temperatura controladas con helio líquido. Para poder llevar a cabo su labor, se sirvieron de una versión mejorada del STM, el microscopio de efecto túnel que había desarrollado la multinacional unos años antes.



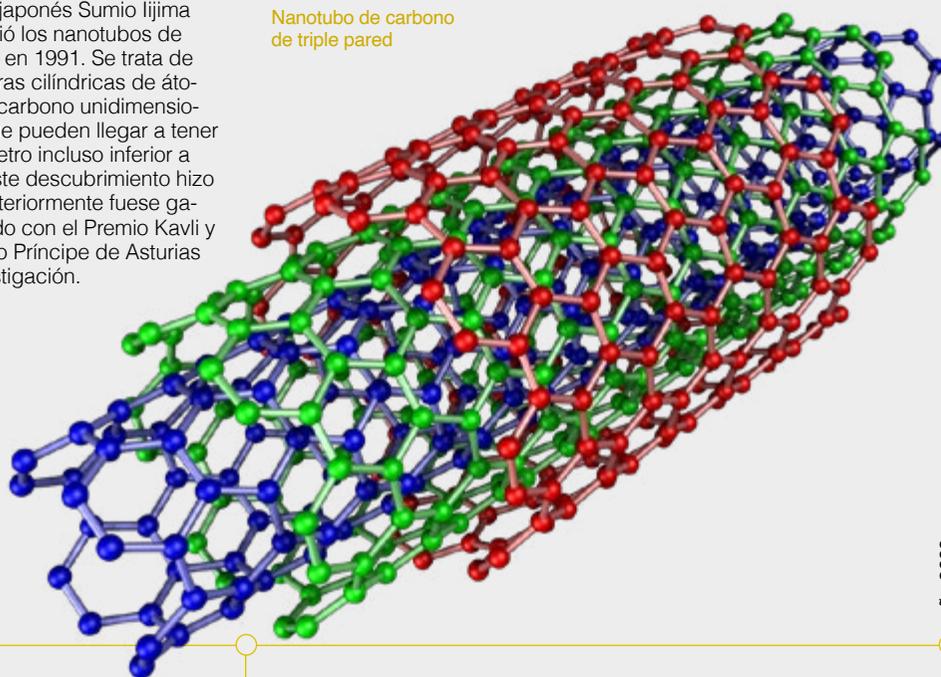
Nanotechnology

Al inicio de última década del siglo XX, surgieron las primeras empresas especializadas en nanotecnología (Nanophase Technologies y Helix Energy Solutions Group) y nació la primera revista especializada en esta nueva disciplina, la revista Nanotechnology.

Revista Nanotechnology

Nanotubo de carbono

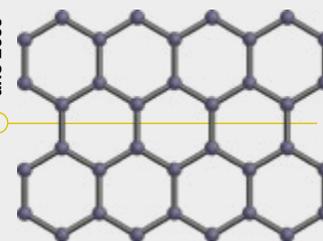
El físico japonés Sumio Iijima descubrió los nanotubos de carbono en 1991. Se trata de estructuras cilíndricas de átomos de carbono unidimensionales que pueden llegar a tener un diámetro incluso inferior a 1 nm. Este descubrimiento hizo que posteriormente fuese galardonado con el Premio Kavli y el Premio Príncipe de Asturias de Investigación.



Nanotubo de carbono de triple pared

Grafeno

En 2004 tuvo lugar el descubrimiento del grafeno. El hallazgo de Andre Geim y Konstantin Novoselov fue galardonado en el año 2010 con el Premio Nobel de Física. El grafeno está formado por carbono puro, como el diamante o el grafito, pero estructurado mediante un patrón hexagonal. Se caracteriza por ser un material transparente que presenta una resistencia 200 veces superior a la del acero y con una ligereza cinco veces superior al aluminio, además de ser un superconductor. Es uno de los compuestos que más expectativas de uso ha generado hasta la actualidad.



Estructura del grafeno.

ADN y nanotecnología

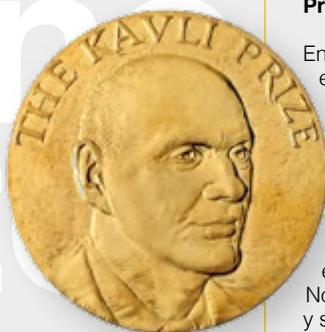
El primer dispositivo nanomecánico basado en estructuras de ADN fue desarrollado en 1998, basándose en los postulados sobre nanotecnología genética que enunció en 1980 Nadrian Seeman. El invento recibió el nombre de *Ensamblaje con plantilla de ADN y fijación de electrodo de un cable de plata conductor*. Su aparición abrió la puerta a la nanotecnología de ADN como disciplina de investigación, que utiliza los ácidos nucleicos como soporte constructivo y no solamente como contenedor de información genética.



Nadrian Seeman

IBM en Xenon

nanomateriales



Premio Kavli

Premio Kavli

En 2008 tuvo lugar la primera edición de los premios Kavli, galardones bianuales que premian a los mejores científicos en los campos de la astrofísica, la neurociencia y la nanociencia. Estos premios son considerados el equivalente al premio Nobel en estas disciplinas y son otorgados por la Academia de Ciencias y Letras y el Ministerio de Educación e Investigación noruegos, la Fundación Kavli y un comité formado por la Max Planck Society germana, la Chinese Academy of Sciences, la National Academy of Sciences norteamericana y la Royal Society británica.

Nanomateriales cotidianos

En las primeras décadas del siglo XXI, la nanotecnología se ha convertido en un elemento de consumo. Se han comercializado los primeros productos deportivos con nanomateriales que mejoran sus características, como balones de fútbol, raquetas de tenis, bates de béisbol o pelotas de golf. En el mundo de la cosmética, hemos asistido a la aparición de maquillajes y protectores solares con nanopartículas. Otro de los ámbitos más destacados ha sido el textil, con tejidos hechos con nanomateriales que ayudan a repeler el agua, como los pantalones Dockers® Alpha Tech.



Definición de nanomaterial

La Comisión Europea aceptó la definición de nanomaterial en la resolución 2011/696/UE del 18 de octubre de 2011 como: "un material natural, accidental o fabricado que contenga partículas, sueltas o formando un agregado o aglomerado, y en el que el 50 % o más de las partículas en la granulometría numérica presente una o más de las dimensiones externas en el intervalo de tamaños com-

prendido entre un nanómetro y 100 nanómetros". Además, señala que "los fullerenos, los copos de grafeno y los nanotubos de carbono de pared simple con una o más dimensiones externas inferiores a 1 nm deben ser considerados como nanomateriales (...). Un material debe considerarse incluido en la definición cuando la superficie específica por unidad de volumen del material sea superior a 60 m²/cm³".

Dopaje tecnológico

La aplicación de nanomateriales en el ámbito deportivo generó gran controversia en los Juegos Olímpicos de Pekín 2008, los primeros de la historia en contar con estos compuestos. Los fabricantes de equipos de competición de natación incluyeron textiles, gafas y gorros fabricados con nanotecnología que ayudaba a reducir la fricción del agua hasta un 15%. El amplio número de récords batidos en las olimpiadas generó

un debate ético y planteó la existencia del dopaje tecnológico, por lo que la Federación Internacional de Natación prohibió su uso en 2010, cuando se habían batido casi 200 récords en menos de dos años. El nadador Michael Phelps destacó entre todos los demás por ganar las 17 mangas que disputó en esos juegos, donde pasó a la historia como el mejor deportista olímpico de todos los tiempos – ganó ocho medallas de oro y consiguió siete récords mundiales-.

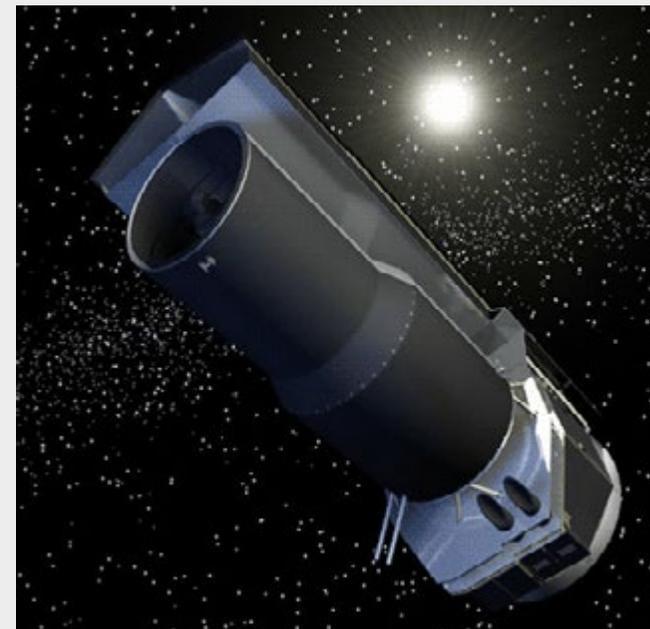
Michael Phelps con su bañador Speedo fabricado a base de nanomateriales.

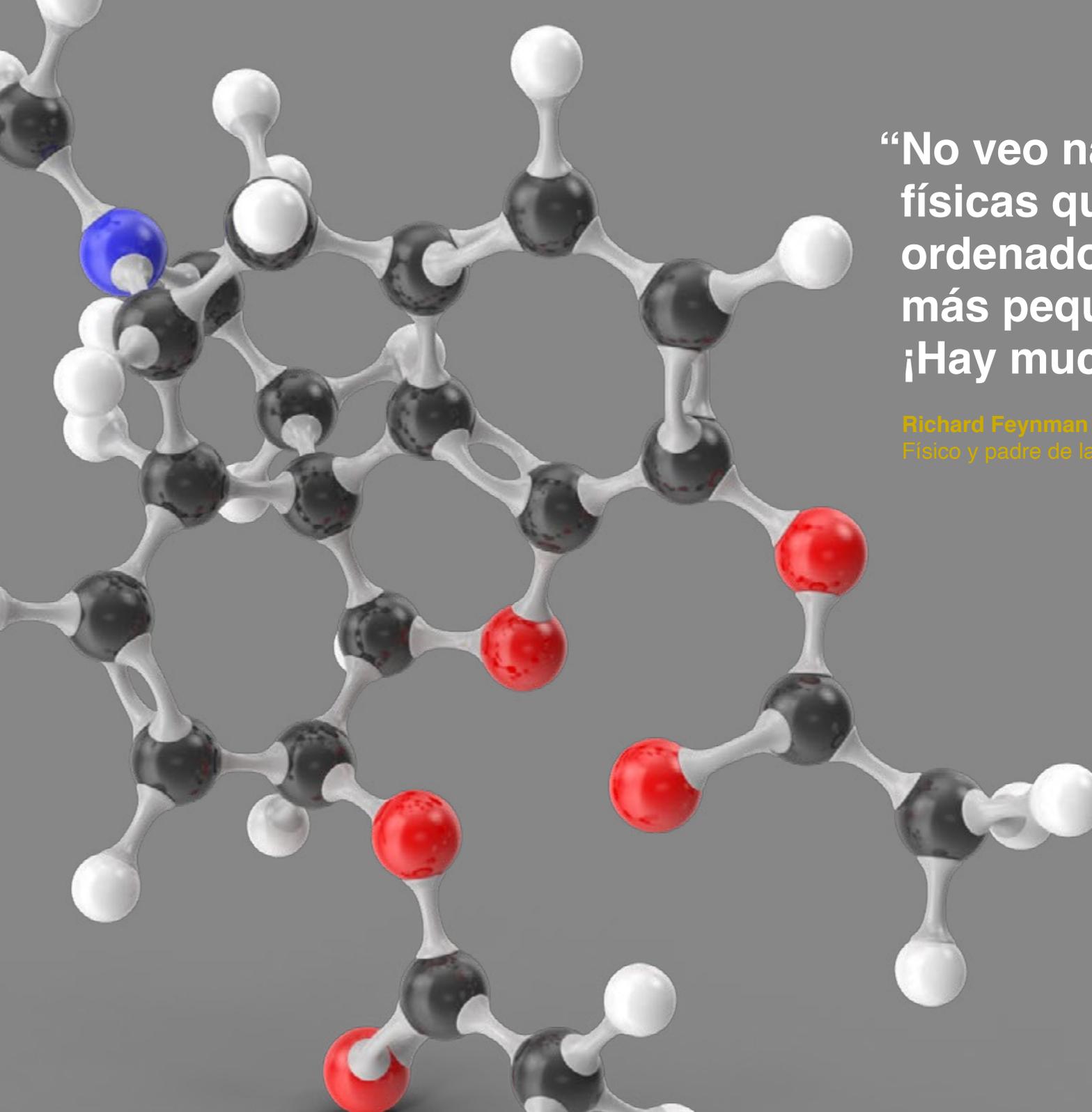


Nanomateriales espaciales

La NASA descubrió la presencia de nanomateriales en el espacio en 2011. A través del telescopio espacial Spitzer, se comprobó la presencia de grafeno y de fullerenos C60 y C70.

Telescopio espacial Spitzer





“No veo nada en las leyes físicas que impida construir ordenadores enormemente más pequeños que ahora. ¡Hay mucho sitio al fondo!”

Richard Feynman
Físico y padre de la nanotecnología

1 Composición, características y tipos

Un nanomaterial es aquel material en el que alguna de sus dimensiones es menor de 100 nanómetros. Un nanómetro es mil millones de veces más pequeño que un metro. La característica principal de este tipo de materiales es que siempre han existido, pero eran invisibles para el ojo humano. La evolución de la ciencia microscópica ha hecho posible que se puedan observar, analizar y clasificar estos micromateriales e incluso interaccionar con ellos.

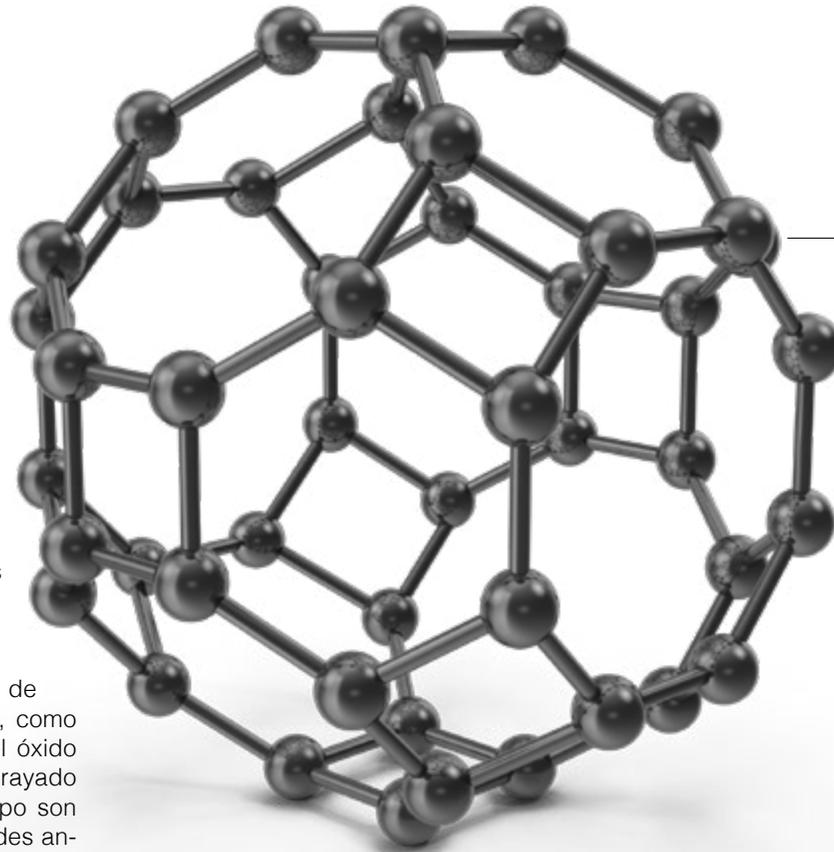
Los nanomateriales facturados más comunes, según la clasificación de la Comisión Europea, son los siguientes:

Nanomateriales inorgánicos no metálicos:

La mayoría de nanomateriales que forman parte de este grupo son óxidos de elementos no metálicos, como la sílice o de metales no ferromagnéticos, como el óxido de aluminio. Ambos presentan gran resistencia al rayado y a la abrasión. Otros nanoelementos de este grupo son el dióxido de titanio, que destaca por sus propiedades antimicrobianas, fotocatalíticas y de protección de los rayos ultravioleta, como el óxido de zinc. Por último, destaca el óxido de cerio por sus propiedades ópticas.

Metales y aleaciones:

Casi la totalidad de los metales pueden producirse en dimensiones nanométricas, en forma de nanohilos o nanopartículas. Los nanomateriales metálicos más comunes en la producción son los derivados de oro, plata y aleaciones de platino y paladio. Según su composición estos nanomateriales pueden tener propiedades antimicrobianas, ópticas, fototérmicas y fotoeléctricas.



Fullereno y medicina

Es un nanomaterial con base de carbono que tiene importantes aplicaciones biomédicas. Se caracteriza por sus propiedades antioxidantes debido a sus facilidades para captar radicales y también por ser un buen antiviral en la medida que puede incorporar a los virus y desactivarlos. Esta última característica ha motivado que se utilicen fullerenos en la lucha contra el SIDA. Su capacidad para unirse a proteínas y otras moléculas le ha convertido en un buen material para la fabricación de numerosos fármacos.

Nanomateriales con base de carbono:

- Fullerenos:

Nanoestructuras de átomos de carbono con forma de esfera hueca compuesta por hexágonos y pentágonos o heptágonos. Su forma más habitual es la que contiene 60 átomos de carbono, C₆₀, llamada comúnmente Buckminster o Buckyball, por su parecido con las cúpulas geodésicas que inventó y patentó Richard Buckminster Fuller en 1954.

- Grafeno:

Material bidimensional en forma de nanoplaca. Se presenta en láminas hechas de una red hexagonal de átomos de carbono dispuesta en un mismo plano, de menos de 1 nm de espesor. Se caracteriza por ser tan duro como el diamante, pero presentando elasticidad, flexibilidad y alta conductividad térmica y eléctrica, con gran ligereza y alta resistencia a las radiaciones ionizantes.

- Nanotubos de carbono (CNT):

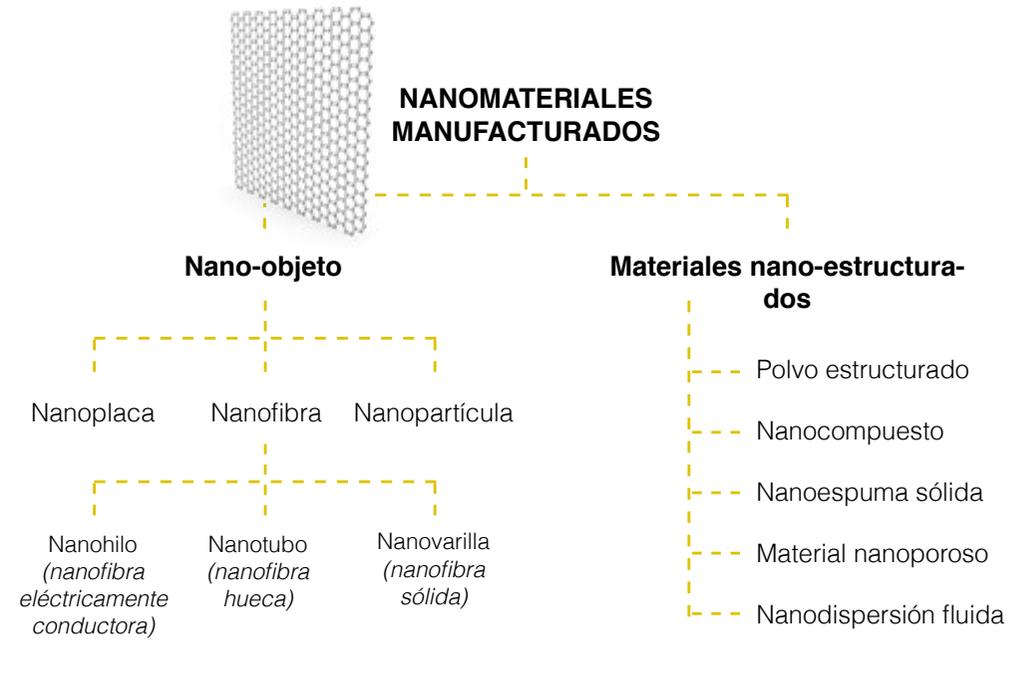
Se trata de una o más láminas tubulares similares al grafeno. Los hay de pared simple o múltiple y su longitud puede ser de varios cientos de micrómetros. Los nanotubos son materiales de gran estabilidad química y térmica, de elevada elasticidad, resistencia a la deformación y al estiramiento y alta conductividad tanto eléctrica como térmica. Poseen una alta relación resistencia-peso y baja densidad.

- Nanofibras de carbono (CNF):

Están formadas por láminas de grafeno, al igual que los nanotubos. Son muy similares, pero tienen una estructura en forma de copa, por lo que difieren en algunas propiedades mecánicas y eléctricas, una conductividad eléctrica mayor y resistencia al fuego.

- Negro de humo:

Conocido también como *carbon black*, es carbono puro elemental en forma de partículas resultantes de una combustión incompleta o descomposición térmica de hidrocarburos en condiciones bajo control. Sus partículas primarias suelen ser de tamaño inferior a 100 nm, aunque tienden a agruparse formando aglomerados de mayor tamaño. Presenta características similares al resto de nanomateriales



con base de carbono, con elevada conductividad y resistencia mecánica.

Nanopolímeros:

Materiales poliméricos que pueden tener de una a tres dimensiones en escala nano. Se caracterizan por ser conductores de alta superficie específica y presentar propiedades catalíticas que aumentan la velocidad de una reacción química. Los dendrímeros son macromoléculas poliméricas de tamaño nanométrico, con estructura ramificada tridimensional alrededor de un núcleo.

Puntos cuánticos:

Nanocristales de materiales semiconductores de tamaño comprendido entre 2 y 10 nm. Son semiconductores con propiedades electrónicas, catalíticas, magnéticas y ópticas.

Nanoarcillas:

Nanomateriales cerámicos de silicatos minerales. Pueden encontrarse creados por la naturaleza o sintetizados para controlar sus propiedades. En ambos casos, se presentan en forma de láminas, tienen una alta resistencia mecánica y bloquean el paso de humedad y oxígeno.

2

Richard Feynman: El padre de la nanotecnología

Richard Feynman (1919-1988) fue un físico al que se le considera el primer teórico de la nanotecnología. Nacido en Estados Unidos, es uno de los físicos más conocidos y respetados de la historia. La carrera de Feynman estuvo ligada a muchos de los grandes descubrimientos físicos del siglo XX. Participó en la investigación y el desarrollo del proyecto Manhattan que produjo las primeras armas nucleares. Nada más doctorarse, creó varios modelos que aún rigen el mundo de la física teórica, ganó un premio Nobel, ayudó en investigaciones galardonadas con el mismo premio y predijo el mundo de los nanomateriales. También destacó siendo uno de los primeros divulgadores científicos, haciendo comprensible la física para el público no especializado.

Feynman es conocido por el desarrollo teórico de esquemas de representación pictórica del comportamiento de las partículas subatómicas, conocidos como diagramas de Feynman. Además, se le considera uno de los padres de la computación cuántica, un tipo de computación distinto al de la informática clásica que usa el 1 o el 0, puesto que utiliza combinaciones de ambos llamadas cúbits. También desarrolló una intensa labor docente hasta los últimos días de su vida. Fue galardonado con el Premio Nobel de Física en 1965 por sus contribuciones al campo de la electrodinámica cuántica, junto los científicos Shin-ichiro Tomonaga y Julian Schwinger, que habían investigado en el mismo campo. Además, colaboró con el físico Murray Gell-Mann en la teoría de la interacción nuclear, por la que ganaría el mismo premio en 1969. Gell-Mann fue quien acuñó el término quark para designar a las partículas elementales de la física de partículas.

Unos años antes, intuyó el concepto de la nanotecnología, previamente a que fuera posible su desarrollo científico. En



1959, fue el ponente invitado en una reunión anual de la Sociedad Americana de Física en el campus tecnológico de la Universidad de California. Titulada *There's plenty of room at the bottom*, la charla planteó por primera vez la superación de los límites de la miniaturización de objetos y el estudio de los elementos más pequeños que formaban la materia, hablando de las posibilidades que ofrecía la investigación del mundo microscópico y nanoscópico. De manera casi profética, planteó conceptos claves para el campo de la nanociencia y la nanotecnología. La humanidad tardó dos décadas en validar de manera práctica su teoría siguiendo técnicas similares a las propuestas por el discurso de Feynman.

“

«Si solo pudiéramos transmitir una idea científica a las próximas generaciones, yo elegiría esta: la materia está hecha de átomos, pequeñas partículas en perpetuo movimiento».

Richard Feynman.

3 Soluciones y aplicaciones



Los nanomateriales están cambiando la manera de concebir la realidad. La antigua perspectiva de los materiales como elementos transformables a simple vista que perduraba desde los albores de la especie humana se ha visto alterada por el nuevo orden atómico en el que se trabaja en nanotecnología. El potencial de estos compuestos es inimaginable en sectores como la industria, la medicina, la energía o la alimentación.

En el ámbito internacional, están surgiendo agencias como el Observatorio de la Unión Europea sobre Nanomateriales (EUON) y se están creando normativas y protocolos desde las entidades nacionales de Estados Unidos, Japón o Canadá. Los avances en el campo de los nanomateriales tienen aplicaciones en áreas de consumo como la óptica. Actualmente, se están desarrollando películas nanométricas para lentes, ventanas y pantallas, dotándolas de nuevas propiedades repelentes del agua, la suciedad, los reflejos, el empañamiento o de mayor resistencia a los roces y los golpes.

Los aditivos a nanoescala y otros tratamientos de tejidos ayudan a crear textiles que no se arrugan, no se manchan y que evitan el crecimiento bacteriano. En un futuro próximo, la ropa

podrá incorporar sensores e incluso se especula con la existencia de sensores intradérmicos. Estos nanoimplantes servirán para controlar parámetros vitales y exportarlos para la generación de diagnóstico médico.

En el mundo de la medicina, a día de hoy se están haciendo pruebas clínicas con nanopartículas de oro para el tratamiento de enfermedades. Estos nanomateriales pueden ser utilizados para el transporte intravenoso de medicamentos hacia células enfermas localizadas, minimizando intervenciones y daños en células sanas. La nanotecnología química está desarrollando nanomateriales en el campo de la medicina regenerativa, buscando minimizar el rechazo de las prótesis y con la idea de lograr regenerar conexiones de células cerebrales en un futuro, para tratar lesiones medulares y enfermedades neurodegenerativas.

En el mundo del deporte, los nanomateriales poliméricos y las nanoestructuras de carbono se utilizan en protecciones, raquetas o bicicletas. Todos estos materiales gozan de mayor ligereza, rigidez, resistencia y durabilidad gracias a la nanotecnología. El balón Jabulani, por ejemplo, diseñado por

DNX

Este nanomaterial, desarrollado por el centro de investigación alemán Fraunhofer TEG, revolucionó en 2005 el campo de los nanomateriales. Su principal característica es que es más liviano que el grafito pero hasta 25 veces más fuerte que él. Por este motivo se está aplicando desde la fabricación de raquetas de tenis hasta la industria aeroespacial.

nano
mate
ria
les

nano mate ria les

la marca Adidas para el Mundial de Fútbol de Sudáfrica de 2010, estaba fabricado con nanomateriales poliméricos que mejoraban su aerodinámica.

Asimismo, los nanomateriales se utilizan en la industria de automoción y se aplican también a multitud de usos como los interiores de los vehículos o los sistemas de transporte de viajeros -incluso en las maletas-. La ingeniería se está beneficiando en el aligeramiento de piezas de vehículos terrestres, aviones y barcos con nanoestructuras de carbono y otras nanofibras. Los beneficios en aerodinámica se traducirán en ahorros energéticos, menor desgaste de las piezas y una mayor durabilidad de los motores y piezas por la utilización de lubricantes con aditivos a nanoescala.

La construcción utiliza nanoestructuras de carbono como aditivo en cementos y hormigones para aumentar su resistencia. Las nanoestructuras de recubrimientos cerámicos también poseen la misma cualidad. En el campo de la producción energética, la nanotecnología se está utilizando para desarrollar energías alternativas y sostenibles. Se está planteando la utilización de nanopartículas para la generación de energía a partir de las llamadas pilas de combustible -las llamadas baterías del futuro-, que producen electricidad a partir de una fuente externa de combustible y de un agente oxidante como el oxígeno.

La alimentación experimentará en los próximos años una revolución por la aplicación de nanomateriales para la creación de nuevos envases que permitan una conservación óptima. En este sentido, ya se están incorporando sensores visuales que permiten comprobar las propiedades de los alimentos y



su idoneidad de consumo, así como se están utilizando nanopartículas de plata en los envases de productos frescos para alargar la vida de los alimentos.

Finalmente, hay que destacar que la disciplina que más ha avanzado en el campo de las nanopartículas es, sin duda, la química. Los nanomateriales son utilizados como catalizadores de numerosas reacciones químicas para la elaboración de compuestos, disminuyendo la contaminación y el gasto energético de estos procesos y minimizando los tiempos de reacción.

1814

En el año 2015 se documentó que 1814 productos alimentarios contenían nanomateriales. Su aplicación en la industria alimentaria va desde su utilización para buscar nuevas texturas, sabores y colores, hasta su utilización en los procesos de fabricación y envasado de los mismos.

4 Sostenibilidad

Una de las principales preocupaciones en el mundo de los materiales es la sostenibilidad medioambiental. Los nanomateriales no son una excepción por lo que, en los últimos años, se ha desarrollado un debate en torno al desconocimiento de su impacto medioambiental, hasta ahora no resuelto en sus planteamientos teóricos. Aún no se conoce su potencial real de dispersión y exposición, ni si su reactividad química puede provocar alteraciones en su entorno o las posibilidades de su recuperación y tratamiento al final de su vida útil.

El campo de la investigación nanoquímica está en proceso de búsqueda de una definición y clasificación definitivas para su completa regulación. Sin ella, existirán dificultades legales, comerciales y ambientales. Una de las líneas de investigación de la nanotecnología medioambiental está combinando el cuidado del ecosistema con la reutilización de materiales de desecho para convertirlos en nuevos nanomateriales.

El carbono, el elemento del que más nanopropiedades se conocen, es el objetivo de la elaboración de una normativa de viabilidad y recuperación tras su utilización. El tratamiento del agua, al considerarse un recurso escaso, está siendo objeto de experimentación nanotecnológica. Se están aplicando nanodetectores en la detección de contaminantes hídricos, experimentando sistemas con una alta capacidad para absorber aceites o para ser repelentes al petróleo. Esto se debe a que los sistemas de filtración son mucho más eficientes a nivel nano que en la escala macro habitual. Se espera que, de cara al futuro, los nanofiltros puedan eliminar sedimentos, residuos químicos, partículas cargadas, bacterias y virus.

Existen también líneas de investigación en ingeniería medioambiental para la reducción de gases de efecto inver-

Cambio climático

Actualmente se está investigando con nanomateriales para fabricar cosechadoras de nanoCO₂. Estas serán capaces de aspirar el dióxido de carbono atmosférico y transformarlo en metanol. De esta forma los nanomateriales pueden contribuir a frenar el efecto invernadero.



nadero como el metileno (CH₂) o el óxido nitroso (N₂O), presentes en la atmósfera. Uno de los peligros es la toxicidad de los materiales para los seres vivos. En 2005, la Asociación Americana de Química presentó un informe que demostró que las nanopartículas de carbono se disuelven en agua y hacía hincapié en que aun en concentraciones muy pequeñas estas partículas son tóxicas para las bacterias, que pueden entrar en la cadena trófica y llegar al ser humano.

Las perspectivas que generan los nanomateriales son prácticamente desconocidas. Las propiedades fisicoquímicas que poseen están por descubrir, lo que redundará en las posibilidades que pueden aplicarse al cuidado del medioambiente. Diversos estudios han demostrado que la nanotecnología puede ser útil para hacer un seguimiento de la contaminación y prevenirla, además de para eliminar contaminantes que ya están en el medio ambiente.

nano
mate
ria
les

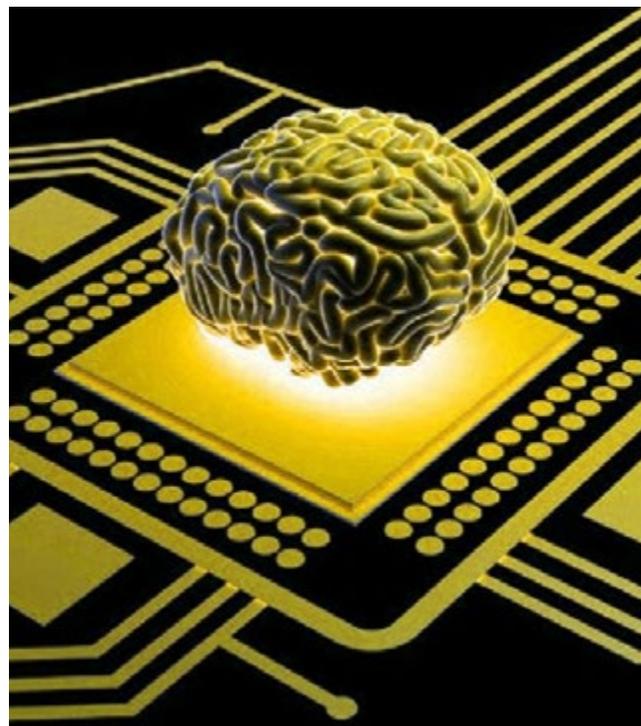
5 Nanotecnología, investigación y futuro

Los nanomateriales son elementos microscópicos que conforman la estructura de los materiales que siempre han acompañado al ser humano, pero que ahora se pueden manejar para alterar sus propiedades. La ciencia de los nanomateriales ha experimentado un desarrollo vertiginoso en los últimos años. Los avances científicos a la escala nanométrica han generado descubrimientos, herramientas y técnicas novedosas. La academia sueca de los premios Nobel no ha sido ajena a este progreso y por eso ha galardonado en los últimos años a varios científicos de este campo. En 2014, el Premio Nobel de Química recayó sobre Eric Betzig, Stefan W. Hell y William E. Moerner por el desarrollo de la microscopía de fluorescencia de superresolución, que permitía la identificación de moléculas individualmente. Dos años después, Jean-Pierre Sauvage, J. Fraser Stoddart y Bernard L. Feringa lo recibieron por la creación de máquinas moleculares. En 2017, los premiados fueron Jacques Dubochet, Joachim Frank y Richard Henderson por el desarrollo de la microscopía crioelectrónica, que permitió determinar la estructura de moléculas en disolución con alta resolución.

En los últimos años, España es uno de los países que se encuentran en la vanguardia de la investigación nanométrica. En 2019, nuestro país ocupó el décimo puesto en cuanto a publicaciones indexadas sobre nanomateriales en *Web of Science*, con 4.829 en total, lo que representa el 2,56% de la producción científica a nivel mundial.

La nanociencia y la nanotecnología se han incentivado desde los sectores públicos y privados por su enorme potencial. En solo ocho años, de 1997 a 2005, la inversión global en I+D en nanotecnología aumentó de 432 millones de dólares a 4.200 -1.050 de los cuales corresponden a la inversión en Europa-

nano
mate
ria
les



La Unión Europea ha fomentado la asignación de recursos de áreas relacionadas con las ciencias de la información, el transporte, la energía y la salud para la creación de un área específica de nanotecnología, a sabiendas de que sus avances redundarán en el resto de las disciplinas. En solo una década, se han creado en el territorio europeo cerca de 200 redes nacionales y regionales relacionadas con la nanociencia.

Brain on a chip

El Instituto Tecnológico de Massachusetts -MIT- está desarrollando un microprocesador de potencia similar al cerebro humano. El proyecto, conocido como *brain-on-a-chip*, aplica la nanotecnología para imitar la estructura y funcionalidad de nuestra mente en un nanoprocesador, creando un chip con sinapsis cerebrales artificiales. Este proyecto abre la puerta a la existencia de supercomputadoras de menor espacio y potencia muy superior a las actuales.

nano mate ria les

Bibliografía

Castro Neto, A.H. (2010). "The carbon new age". *Materials today*, 13 (3), pp 12-17.

Geim, A.K., Novoselov, K.S. (2007). "The rise of graphene". *Nature materials*, 6, pp 183-191.

Geim, A.K., Kim, P. (2008). "Carbon Wonderland". *Scientific American* (April), pp 90-97.

Heiligtag, F.J., Niederberger, M. (2013). "The fascinating world of nanoparticle research" *Materials today*, 16 (7-8), pp 262-271.

Martín Gago, J.A. (Coord.) (2009). *Nanociencia y nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro*. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. 247 p.

VV.AA. (2014). *Nanotecnología. Cosas grandes de un mundo diminuto*. Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI). Arlington. 11 p.

Williams, L., Adams, W. (2006). *Nanotechnology Demystified*. McGraw-Hill Professional. Nueva York. 343 p.

Wilson, M., Kannangara, K., Smith, G., Simmons, M., Raguse, B., (2002). *Nanotechnology. Basic science and emerging technologies*. Chapman and Hall/CRC. Nueva York, pp 272.

Ying Lim, S., Shen, W., Gao, Z. 2015. "Carbon quantum dots and their applications". *Chem. Soc. Rev.*, 44, pp 362-381.

Recursos audiovisuales



Materiales. Una historia sobre la evolución humana y los avances tecnológicos

Nanomateriales
UBU



La Nanotecnología

Redes
RTVE



La nanotecnología

Discovery Chanel

m
a
t
r
i
c
u
l
e
s

