

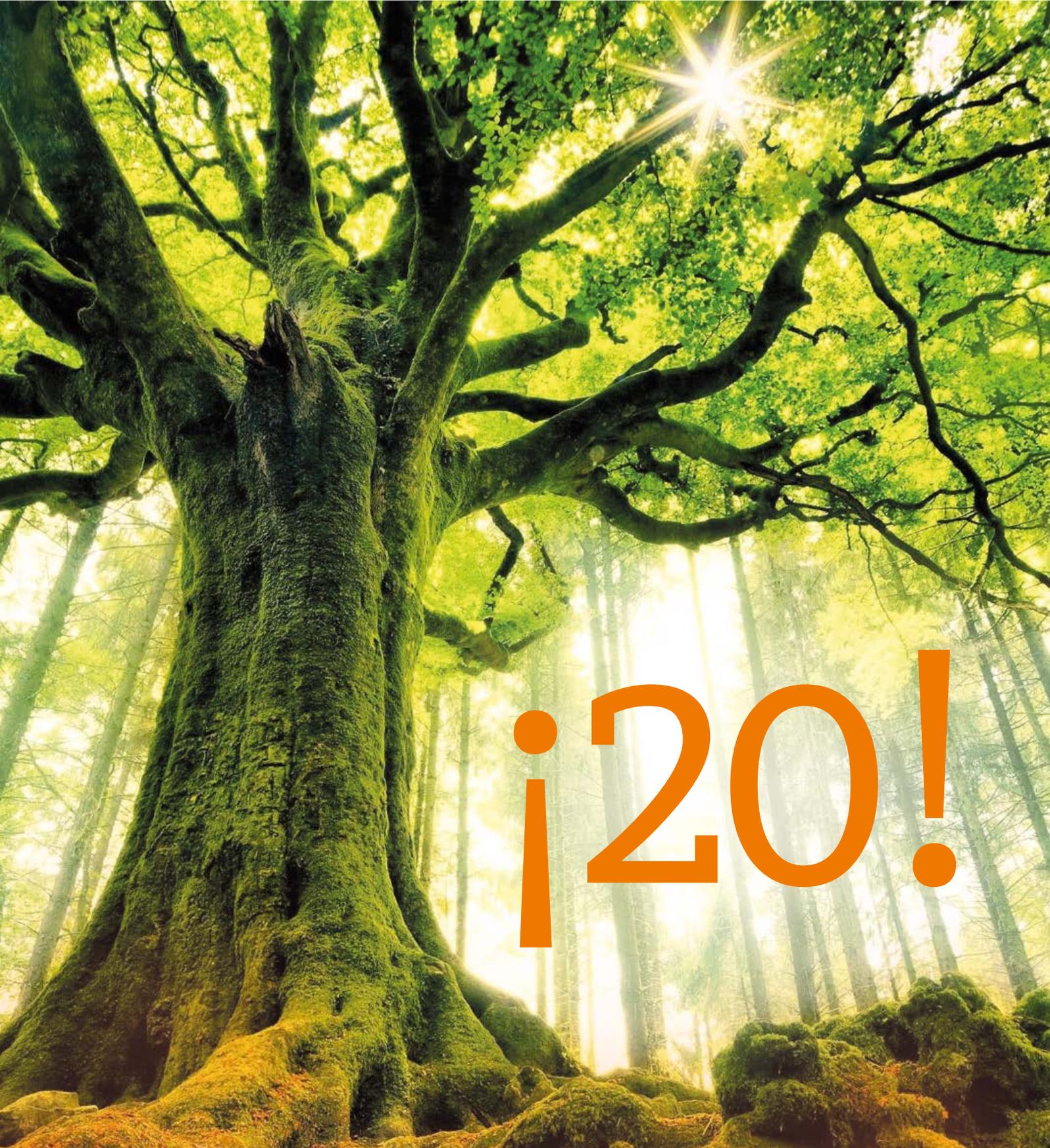


con CIENCIAS.digital

REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

divulgacionciencias.unizar.es/revistas/web/revistas/revista/20

Nº 20 NOVIEMBRE 2017



¡20!

Nº 20 / NOVIEMBRE 2017

REDACCIÓN

Dirección:

- Ana Isabel Elduque Palomo

Subdirección:

- Concepción Aldea Chagoyen

Diseño gráfico y maquetación:

- Víctor Sola Martínez (www.vicsola.com)

Comisión de publicación:

- Blanca Bauluz Lázaro
- Ángel Francés Román
- Cristina García Yebra
- Luis Teodoro Oriol Langa
- María Luisa Sarsa Sarsa
- María Antonia Zapata Abad

EDITA

Facultad de Ciencias,
Universidad de Zaragoza.
Plaza San Francisco, s/n
50009 Zaragoza

e-mail: web.ciencias@unizar.es

IMPRESIÓN: GAMBÓN Gráfico, Zaragoza.

DEPÓSITO LEGAL: Z-1942-08

ISSN: 1888-7848 (Ed. impresa)
ISSN: 1989-0559 (Ed. digital)

Imágenes: fuentes citadas en pie de foto.
Portada: www.treeremovalbycir.com

La revista no comparte necesariamente las opiniones de los artículos firmados y entrevistas.



EDITORIAL	2
UN MUNDO DE MINERALES	4
Por Blanca Bauluz	
EL DESARROLLO DE LA CARRERA PROFESIONAL	16
Por Juan José Ortega	
UN CAMPEONATO ENTRE ÁRBOLES: MÁS ALTO, MÁS GRANDE, MÁS VIEJO...	24
Por Juan Pablo Martínez Rica	
LA ÓPTICA EN LA CHINA IMPERIAL	42
Por Juan A. Vallés	
DESAFÍOS DE LA HIGIENE, INSPECCIÓN Y SEGURIDAD ALIMENTARIAS PARA EL TERCER MILENIO	54
Por José Manuel Martínez Pérez e Isabel Mauriz Turrado	
EL 40 ANIVERSARIO DE UN PARADIGMA EN EL ANÁLISIS DE CUENCAS SEDIMENTARIAS	70
Por Gonzalo Pardo, Ángel González y Concepción Arenas	
NOTICIAS Y ACTIVIDADES	86
ARTÍCULOS PUBLICADOS EN conCIENCIAS	98
COLABORADORES DE conCIENCIAS	102

¡20!

¡Veinte números ya! Quién iba a pensar que esa andadura que comenzamos hace algunos años gozaría de la continuidad que atestigua este número. Cuando empezamos a trabajar en conCIENCIAS soñábamos con que se consolidara y poder seguir editando números de forma continua. Hasta hoy lo hemos conseguido y el secreto es sencillo. Son los colaboradores los que hacéis que este trabajo de edición siga mereciendo la pena. Vamos, entonces, con un número más que, como siempre, contiene un poco de todo.

La Geología se nos asoma por partida doble. Hoy aprenderemos sobre la elevada presencia de muchos minerales en las actividades humanas. Quizá por eso, por su uso tan extendido en procesos de manufactura, los llamamos industriales, pero la realidad es que hay una infinidad de productos cotidianos que los contienen. Blanca Bauluz nos lo cuenta detalladamente. Pero como he dicho, la presencia de las Ciencias de la Tierra es doble. La segunda aportación se centra en las técnicas y modelos que se utilizan para el análisis y descripción de los sedimentos depositados en las diversas cuencas. Si muchas veces nos preguntamos cómo

los geólogos son capaces de saber qué hay ahí debajo, donde no llega la vista, quizá podamos aprender algo tras la lectura del artículo de Gonzalo Pardo, Ángel González y Concha Arenas.

Juan Pablo Martínez Rica, amante de los árboles allá donde los haya, nos vuelve a deleitar con un nuevo escrito. La máxima olímpica de citius, altius, fortius la aplica a esos seres vivos que siempre despiertan su atención, los árboles, y que el propio Juan Pablo los denomina en sus conversaciones como monumentos de la Naturaleza.

Juan Vallés sigue compartiendo con todos su gran pasión por la Óptica. Esta vez nos cuenta qué avances ya eran dominados por la cultura china medieval mucho antes que los países europeos. Todos sabemos que la China clásica fue cuna de grandes descubrimientos, pero es bueno saber con detalle cuáles fueron y así lo reconozcamos. Juan nos ayuda a ello en este artículo.

También nos gusta hablar de cuestiones sociales que tienen relación con el mundo científico o de nuestros alumnos. En este número la participación es doble. La seguridad alimentaria es básica en las sociedades modernas. La higiene, en su vertiente sanitaria - limpieza, como en la alimentaria - seguridad, es la base para la drástica reducción de la proliferación de intoxicaciones entre la población, lo cual se ha traducido en

mejora de las condiciones de vida, disminución de la tasa de mortalidad y aumento de la expectativa de vida. José Manuel Martínez e Isabel Mauriz nos lo detallan. La segunda aportación, también de aspectos no investigadores, corre a cargo de un profesional externo que aporta su conocimiento y experiencia sobre las diversas etapas de la vida laboral que suelen presentarse a los profesionales. Los alumnos actuales se van a enfrentar a un mundo del trabajo muy cambiante y puede ser adecuado que comiencen a reflexionar sobre las decisiones que deberán tomar a la vuelta de unos pocos años. El artículo viene firmado por Juan José Ortega.

Queremos cerrar este número con el recordatorio de dos ilustres miembros de nuestra Facultad. En abril pasado se celebró un acto de homenaje a D. Rafael Usón, maestro y referente de muchas promociones de químicos de Zaragoza. El acto, gracias al tiempo transcurrido desde su fallecimiento en enero de 2016, fue emotivo pero sereno y tranquilo. La participación fue extensa, como el personaje merece. En las noticias damos más detallada cuenta del mismo. Pero también queremos honrar aquí un recuerdo a un compañero que nos ha dejado recientemente. José Ángel Villar falleció el pasado agosto tras una larga enfermedad. Su huella, en lo científico y humano, es profunda. No me cabe duda de que esta comunidad sabrá darle el reconocimiento que merece.

Ya acabamos este editorial. Solo nos queda decir que con este espíritu dinámico que nos caracteriza hemos llevado a cabo cambios en la maquetación y el diseño, con el objetivo de ofrecer la imagen profesional y madura que queremos para conCIENCIAS. Esperamos que os agraden. Hasta un próximo número.

Ana Isabel Elduque Palomo.
Directora de conCIENCIAS.



“Con este espíritu dinámico que nos caracteriza hemos llevado a cabo cambios en la maquetación y el diseño, con el objetivo de ofrecer la imagen profesional y madura que queremos para conCIENCIAS”.

¡20!

“Dispersión”, por Ana Mayora
(Premio de Fotografía San Alberto Magno).

UN MUNDO DE MINERALES

“El mundo mineral
está mucho más
integrado en nuestra
vida cotidiana
que lo que *a priori*
podríamos pensar”.

POR BLANCA BAULUZ





Cristal de berilo, variedad aguamarina.

www.fabreminerals.com

Cuando hablamos de minerales nos acordamos de ejemplares que hemos visto en vitrinas de museos, exposiciones o ferias. En estos lugares generalmente encontramos minerales llamativos, bien porque presentan colores vivos, formas bien cristalizadas, grandes tamaños o incluso ejemplares con una alta transparencia. Y nos vienen a la mente imágenes de cristales morados de cuarzo amatista, prismas hexagonales de aragonito o cubos de pirita.

Pero el mundo mineral está mucho más integrado en nuestra vida cotidiana que lo que *a priori* podríamos pensar. Es difícil imaginar cómo sería nuestro día a día sin minerales. Muchos de ellos se utilizan como materia prima en la fabricación de materiales de uso habitual.

En el ámbito académico, generalmente utilizamos clasificaciones cristaloquímicas, que combinan datos estructurales y composicionales para agrupar los minerales, pero para este artículo es más útil hacer referencia a una sencilla clasificación que agrupa los minerales según su utilidad, y permite discriminar tres categorías: minerales gema, minerales mena y minerales industriales.



Cristales de galena.
www.uhu.es

Los minerales gema son aquellos que por su dureza, durabilidad y belleza se utilizan en joyería con fines ornamentales. La gema "rey" es sin duda el diamante, los hay incoloros, rosas, amarillos o negros, todos ellos tienen la misma estructura cristalina y la misma composición química. Ha habido diamantes famosos por su tamaño y pureza como el diamante Florentino, el diamante Hope o El estrella de África. Pero no hay que olvidarse de otras gemas como son la aguamarina, el heliodoro, la morganita o la esmeralda, todas ellas variedades del berilo. Además de rubíes, turmalinas u otras de menor valor económico que las que denominamos semipreciosas como la turmalina y el ópalo.

Los minerales mena son aquellos que contienen algún elemento metálico de interés, como por ejemplo la galena que es mena de plomo y puede ser de plata, el cinabrio de mercurio, la cromita de cromo, o la hematita de hierro.

Finalmente, llegamos a la tercera categoría, los minerales (y rocas) industriales que son todos aquellos que no se pueden clasificar ni como gemas ni menas, ni como recursos energéticos y que, tras un proceso industrial, tienen aplicaciones de interés en la sociedad. Este grupo de minerales no suele presentarse en ejemplares "bonitos" pero es tan amplio y presenta tantas aplicaciones que es sin duda el grupo volumétrico y económicamente más importante.

Es difícil citar solo algunos ejemplos de minerales industriales pero posiblemente todos estemos familiarizados con algunos de ellos. Es bien conocido que el cemento se fabrica a partir de la calcinación de caliza (roca rica en calcita) y arcillas (ricas en filosilicatos y cuarzo), o que numerosos refractarios se fabrican a partir de caolín y/o pirofilita, o que la materia prima para la fabricación del vidrio está compuesta de cuarzo, carbonato de sodio y calcita.

En esta ocasión, he seleccionado un grupo de minerales que siempre me han atraído por sus peculiares propiedades y su vinculación con nuestro territorio, con Aragón, como son la sepiolita, el alabastro, la halita y las arcillas cerámicas de pasta blanca.

Los tres primeros, sepiolita, alabastro y halita, tienen en común que se forman generalmente en medios sedimentarios, en ambientes lacustres desarrollados en climas cálidos y secos. La composición química del agua, a partir de la que cristalizan, es uno de los factores fundamentales para que se formen, ya que estos minerales tienen composiciones químicas claramente diferentes y, por tanto, cristalizan a partir de aguas también distintas. Tienen en común, además, que los grandes depósitos en Aragón de estos

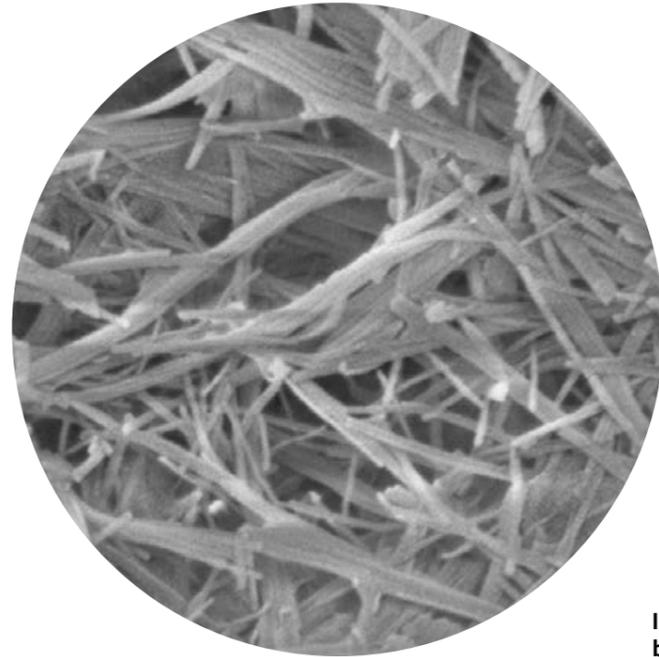


Imagen de microscopía electrónica de barrido de fibras de sepiolita.

minerales se formaron hace relativamente poco tiempo, durante el Oligoceno-Mioceno (Terciario), es decir, durante un periodo que se inició hace unos 20 y finalizó hace unos 5 millones de años.

La **sepiolita** es un filosilicato, una arcilla con morfología fibrosa. Estas fibras tienen longitudes claramente inferiores a las 2 micras y, por tanto, visibles solo en microscopios electrónicos. Además de la sepiolita, hay otra arcilla que también presenta morfologías fibrosas, denominada paligorskita. Si bien la paligorskita en España es relativamente escasa, la sepiolita es muy abundante y el yacimiento más importante del mundo se encuentra en la Cuenca de Madrid. La producción que procede de esa zona junto con la de otro yacimiento ubicado en la zona de Calatayud (Orera-Mara) hace que España sea el mayor productor del mundo.

Estas arcillas tienen una estructura cristalina diferente al resto de arcillas, que son habitualmente laminares, las arcillas fibrosas presentan discontinuidades estructurales que hace que contengan canales internos. Esta porosidad estructural, junto con el pequeño tamaño de partícula, favorecen que tengan una enorme área superficial. Su peculiar estructura les confiere una serie de propiedades, entre ellas las de formar suspensiones poco afectadas por la concentración iónica y una enorme capacidad sorcitiva, por lo que son poderosos decolorantes y absorbentes. También tienen propiedades reológicas, son capaces de formar geles estables de alta viscosidad a bajas concentraciones de sólido y son susceptibles de ser activadas mediante tratamientos térmicos y ácidos.

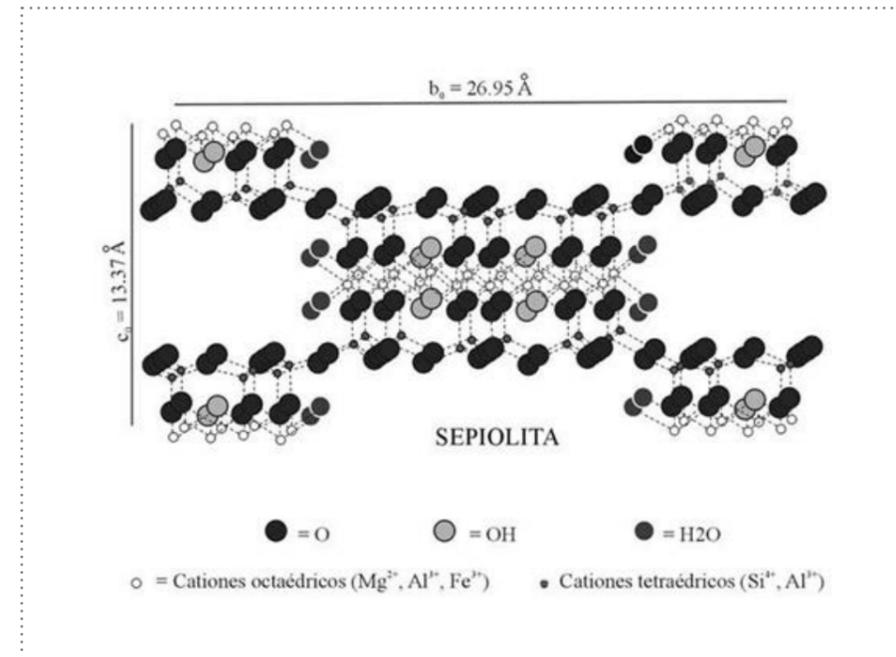
Habitualmente se utilizan como absorbentes, para lechos de animales, en suelos y nutrición animal, como soporte en aerosoles y aerogeles para pesticidas y fertilizantes. Por sus propiedades adsorbentes, en la purificación de productos del petróleo, en procesos de filtración, floculación y clarificación de vinos y aceites.

Por sus propiedades reológicas, en lodos de perforación con base de agua salada, farmacia, pinturas, resinas y cosmética. La sepiolita se utiliza también en la fabricación de nanocomposites.

Al inicio de los años 80, en la búsqueda de nuevos materiales en el sector automovilístico, se empezó a investigar y obtener nanocomposites polímero/arcilla. Si bien inicialmente se trabajaba con arcillas como las bentonitas, desde hace unos 15 años se utiliza la sepiolita como matriz en estos nanocomposites. Desde entonces, son muchos los nanocomposites polímero/sepiolita estudiados por numerosos investigadores y muchas las industrias que, cada vez más, los incorporan en sus diseños o procesos productivos.

La sepiolita, además de una estructura peculiar que le confiere la morfología fibrosa, tiene una composición química también peculiar, ya que es silicato de magnesio hidratado $[Mg_4Si_6O_{15}(OH)_2 \cdot 6(H_2O)]$. La mayoría de las arcillas son aluminosilicatos, pero este mineral, en concreto, no contiene aluminio en la estructura. Su cristalización se produce a partir de aguas de pH alcalinos ($pH > 8$) y ricas en Si y Mg. Estas condiciones se desarrollaron en la Península Ibérica en algunas zonas lacustres evaporíticas (muy cálidas y secas) durante el Mioceno. No es frecuente encontrar lagos con esta composición química, son más habituales las aguas ricas en sulfatos y calcio, a partir de las que se forma el yeso, un mineral muy frecuente en todas las grandes cuencas terciarias, como la Cuenca del Ebro. La composición peculiar que necesitan las salmueras para la cristalización de la sepiolita hace que este mineral no esté distribuido a nivel mundial.

El **yeso**, sulfato de calcio hidratado $[CaSO_4 \cdot 2(H_2O)]$, es un mineral que se presenta en diferentes hábitos y formas cristalinas. En los alrededores de Zaragoza es habitual encontrar cristales de yeso fibroso, maclas de punta de flecha, rosas del desierto... En ocasiones



Estructura de la sepiolita mostrando la porosidad estructural.

Imágenes cedidas por la autora.

el yeso se presenta formando agregados microcristalinos, de cristales equigranulares. Esta variedad, que se denomina alabastro (o yeso alabastrino), es una consecuencia de la cristalización del yeso en ciclos de hidratación-deshidratación. Esta textura genera que tenga una dureza ligeramente superior a otro tipo de cristales de yeso y que presente un comportamiento mecánico isótropo, lo que permite utilizarlo con fines ornamentales.

Aragón es el mayor productor del mundo de alabastro. Las mayores explotaciones proceden de una zona localizada al SE de Zaragoza fronteriza con la provincia de Teruel. En concreto, hay depósitos de interés económico en las zonas de Fuentes de Ebro, Gelsa, La Zaida y Escatrón, en los que el alabastro está formando grandes nódulos de escala de decimétrica a métrica. Los depósitos son de edad Oligoceno-Eoceno (Terciario).

La alta disponibilidad de este material en Aragón se refleja en algunas de las joyas arquitectónicas de la ciudad de Zaragoza. Algunos ejemplos son los sillares de alabastro en la muralla de la Aljafería, el retablo de la Basílica del Pilar, la fachada de la Iglesia de Santa Engracia y, mucho más reciente, el Pabellón de Aragón que se construyó para la Expo de 1992 (actual edificio de la CEOE Aragón).

La **halita** (NaCl), al igual que la sepiolita y el yeso, se forma por precipitación de aguas de lagos cerrados desarrollados en climas áridos y cálidos. Este mineral, que pertenece al grupo de los cloruros, necesita unas condiciones de evaporación más drásticas que el yeso y la sepiolita. Podríamos decir que en un lago, con una composición química adecuada, primero precipitarían carbonatos, como la calcita. Conforme la evaporación progresa se formarían sulfatos, como el yeso y la epsomita y, en condiciones más drásticas de evaporación, cristalizarían los cloruros como la halita, silvina y carnalita. El que se formen unas fases u otras depende de

“Son muchos los nanocomposites polímero/sepiolita estudiados por numerosos investigadores y muchas las industrias que, cada vez más, los incorporan en sus diseños o procesos productivos”.



Cristales de yeso formando agregados tipo rosa del desierto.

www.webmineral.com

las condiciones climáticas, del volumen y quimismo del agua. Las propiedades de la halita son conocidas por todos, en concreto, es soluble en agua y tiene un característico sabor salado. Además hay que indicar que es el único cloruro de sodio natural.

Si bien hay importantes yacimientos de halita en la Península Ibérica, tales como los de Polanco y Cabezón de la Sal (Cantabria), en Úbeda (Jaén) o Pirnoso (Alicante), merece la pena destacar los yacimientos que se explotan en Remolinos (Zaragoza) que, a diferencia de las explotaciones de sepiolita y alabastro, se desarrollan en minería de interior. Estas explotaciones están en activo desde la época romana. En estos yacimientos, la halita se encuentra asociada a yeso, anhidrita, arcillas, glauberita y carbonatos. La halita se caracteriza por tener una estructura cúbica y se presenta en cristales, habitualmente, equidimensionales (cubos) incoloros o blancos. Si bien es cierto que, según las condiciones de formación, pueden presentar hábitos e incluso colores variados.

La halita, la sal, está presente en nuestras casas, ya que uno de sus usos más conocidos es su utilización en cocina para aportar sabor a los alimentos. Para esto, utilizamos frecuentemente *sal común* que puede proceder de sal gema (sal geológica), de agua de mar o de manantial. Generalmente, la sal más utilizada es la sal fina (sal vacuum) que es una sal refinada, que se extrae de vaporizadores al vacío en los que se controla que los granos, los cristales, tengan todos los mismos tamaños. Pero encontramos en el mercado otros tipos de sal utilizados en cocina, como es la sal del Himalaya que procede fundamentalmente de Pakistán y tiene un color rosado/naranja porque contiene pequeñas cantidades de potasio, la sal negra con un fuerte olor sulfuroso por su génesis en medios volcánicos o la sal Maldon que procede de Maldon (Essex, Inglaterra), y que se extrae del agua de marismas que bordean el río Blackwater. El agua se lleva a ebullición y se deja que cristalice en aguas poco profundas, lo que favorece que adquiera forma en escamas. A pesar de estas diferencias entre los distintos tipos de sales, todas ellas son cloruros de sodio con estructura cúbica.

Si bien los primeros usos de la halita fueron para la preservación de los alimentos y el aporte de sabor, este mineral tiene gran interés en la industria química para la obtención de cloro, ácido clorhídrico, cloruros, cloratos e hipocloritos sódicos y potásicos, sosa cáustica



CEOE Aragón.
mapio.net

“Si bien hay importantes yacimientos de halita en la Península Ibérica, merece la pena destacar los yacimientos que se explotan en Remolinos (Zaragoza)”.

y carbonato sódico. También tiene interés para la fusión del hielo y nieve en carreteras, en alimentación animal, en las primeras fases del curtido de piel y el tratamiento de agua.

Por último, quería incluir en este artículo los yacimientos de **arcillas cerámicas de pasta blanca** del Cretácico inferior de la zona de las Comarcas Mineras en Teruel (zonas de Oliete, Estercuel y Gargallo). Estas arcillas sedimentarias, que están intercaladas con abundantes niveles de carbón subbituminoso, son de edad Albiense (~110 millones de años) y se formaron en ambientes de marismas con zonas pantanosas inundadas por agua dulce. Estos ambientes, junto con unas condiciones climáticas cálidas y húmedas, favorecieron la formación de depósitos ricos en turba que contenían restos de plantas sin modificar, restos vegetales descompuestos e incluso materia carbonosa. Posteriormente, estos restos evolucionaron durante la diagénesis para dar lugar al carbón subbituminoso.



A) Cristal cúbico de halita.

B) Cristales en escamas de sal Maldon en los que se aprecia la forma en octaedros.

C) Explotación minera a cielo abierto en los yacimientos de arcillas de pasta blanca en la zona de Ariño-Estercuel (Teruel).

D) Cantera de ball clays en Heathfield (Inglaterra) en explotación en los años veinte.

losporquesdelanaturaleza.com (A)
 www.maldonsalt.co.uk (B)
 Imagen cedida por la autora (C)
 www.clayheritage.org (D)



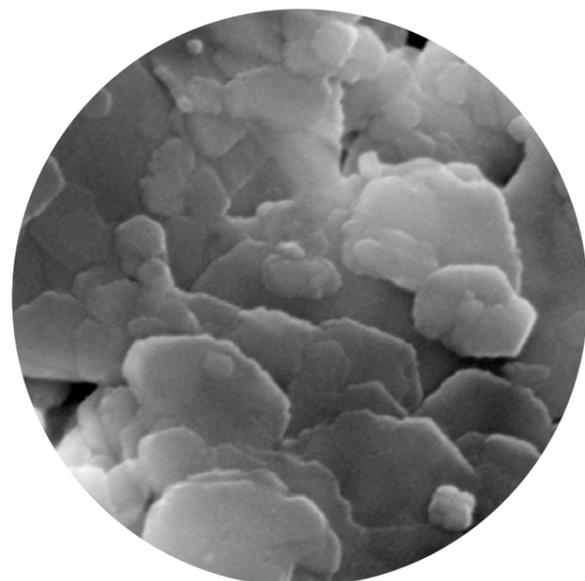
Estas arcillas cerámicas se pueden clasificar como *ball clays*, que es un término que procede del sur de Inglaterra (Devon y Dorset). A principios del siglo XX, para extraer las arcillas, las cortaban en canteras a cielo abierto en cubos (o bolas) de aproximadamente 25 cm de lado y que pesaban entre 15 y 17 Kg. El proceso se hacía de modo manual.

En general, las *ball clays* son arcillas plásticas, con contenidos significativos en caolinita, una arcilla laminar de composición aluminosilicatada $[Al_2Si_2O_5(OH)_4]$, y proporciones variables de otras arcillas como illita y/o mica, junto con cuarzo. Además se caracterizan por no contener carbonatos, ser de colores grises por la presencia de materia orgánica (hasta un 4%), y presentar contenidos muy bajos en Fe_2O_3 and TiO_2 . Si bien parte de los componentes de estas arcillas son detríticos (illitas, micas, cuarzo), y proceden de áreas fuente sometidas a procesos de meteorización y erosión, la caolinita, al menos en parte, se formó *in situ* en la cuenta sedimentaria. Las condiciones ácidas y reductoras, que generó la presencia de abundante materia orgánica, favorecieron la disolución de aluminosilicatos potásicos detríticos y la posterior cristalización de caolinita. Estas transformaciones minerales, que tienen lugar a temperaturas

“La halita se caracteriza por tener una estructura cúbica y se presenta en cristales, habitualmente, equidimensionales (cubos) incoloros o blancos”.

Imagen de microscopía electrónica de barrido de cristales laminares de caolinita (arriba) e imagen de microscopio electrónico de barrido de cristales de mullita inmersos en una matriz vítrea (abajo).

Imágenes cedidas por la autora.



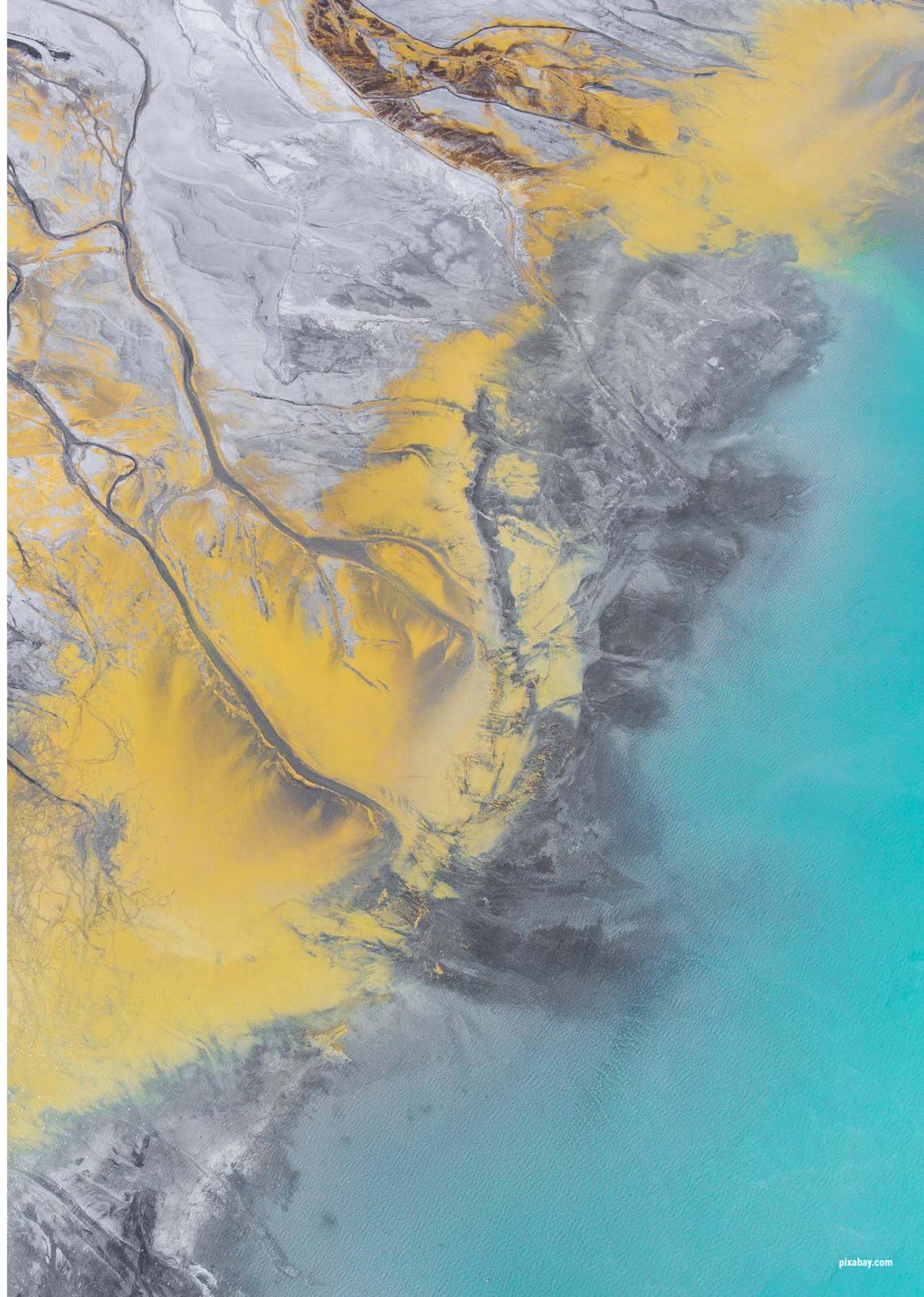
muy bajas (<100°C), son a menudo transformaciones incompletas y producen fases intermedias como interestratificados e intercrecimientos a escala nanométrica de caolinita/esmectita o illita/esmectita. La presencia de materia orgánica, de fases intermedias expandibles y de caolinita, que se caracteriza por tener una morfología laminar, alta superficie específica y abundantes defectos cristalinos, confieren al material una alta plasticidad.

La caolinita, a diferencia de otras arcillas, tiene un comportamiento refractario lo que permite la fabricación de cerámicas de alta temperatura (~ 1300°C). Tras el proceso de cocción, la cerámica obtenida presenta un color blanco, lo que hace que se las denomine habitualmente arcillas de pasta blanca. El proceso de cocción cerámico hace que la mayor parte de las fases presentes en la materia prima se desestabilice (illita, materia orgánica, etc.) así como parte del cuarzo. Todas estas fases se funden, vitrifican, y se genera una fase amorfa aluminosilicatada a partir de la cual cristalizan dos nuevas fases, mullita y cristobalita. La mullita, que es un aluminosilicato ($Al_6Si_2O_{13}$), presenta morfología acicular. Los cristales tienen generalmente longitudes nanométricas y están orientados al azar en el cuerpo cerámico, lo que aporta una considerable resistencia mecánica. Por otra parte, la mullita incorpora en su estructura pequeñas cantidades del hierro y titanio presentes en la materia prima, lo que favorece que el producto cocido tenga color blanco. Si estos elementos, en vez entrar en la estructura de la mullita, formarían óxidos de hierro, como la hematites, o de titanio, como el rutilo o anastasa, el cuerpo cerámico tendría coloraciones rojizas. Las arcillas caoliníferas de pasta blanca de Teruel se utilizan para fabricar diversos pavimentos cerámicos, gres porcelánico, vidriados y sanitarios.

Se quedan en el tintero muchos otros minerales de los que hablar... como el coltán, presente en los medios de comunicación por ser un mineral de interés estratégico por sus aplicaciones tecnológicas, y el hecho de que los yacimientos más importantes del mundo estén en países en conflicto, el cuarzo o la turmalina, por sus propiedades piroeléctricas y piezoeléctricas, o las zeolitas, por sus propiedades de intercambio iónico y catalíticas, así como su capacidad de absorción, entre otros.

Dejo una pregunta en el aire... ¿Nos imaginamos un mundo sin minerales?

Blanca Bauluz.
Dpto. de Ciencias de la Tierra.
IUCA-Facultad de Ciencias.
Universidad de Zaragoza.



“Los jóvenes que dejan los centros de estudio deberían saber qué es lo que más les va a afectar e intentar adelantarse a los hechos. Quizá los visionarios que mayor éxito han tenido en la Historia hayan ejercitado mucho más la reflexión que la inspiración”.



EL DESARROLLO DE LA CARRERA PROFESIONAL

POR JUAN JOSÉ ORTEGA



Todos desarrollamos una carrera profesional a lo largo de nuestras vidas. La mayoría de las veces, este desarrollo se produce sin que pensemos mucho en ello, como si fuera el destino el que guiara nuestros pasos. Pero, tras más de treinta años de experiencia profesional, creo que esto no es así. Existen muchas cuestiones que afectan y nos influyen, de forma consciente o inconsciente, que pueden sistematizarse y no solo con el objetivo de plantearnos cuestiones básicas para lo que nos quede de vida laboral. También podemos usar estas ideas para formar a los jóvenes que se incorporan al mundo del trabajo, sea cual sea el tipo de organización laboral en la que se integren. Este es el objetivo de este artículo: indicar cuáles son los aspectos comunes en la carrera profesional de la mayoría de los profesionales.

DEFINICIÓN DE CARRERA PROFESIONAL

La carrera profesional no es otra cosa que la vida laboral de cada persona. Por tanto, el desarrollo de la misma comienza desde el mismo instante que comenzamos la búsqueda del primer empleo y se alarga durante todo el periodo laboral activo.

Sin duda alguna, resumir o intentar dar un conjunto de normas y reglas es una tarea casi imposible. Por ello este artículo tratará fundamentalmente de transmitir una experiencia vital.

LAS FUENTES DE APRENDIZAJE COMO CARACTERÍSTICA FUNDAMENTAL DEL DESARROLLO PROFESIONAL

Si algo caracteriza el desarrollo de una carrera profesional que podemos calificar de plena es el aprendizaje. Nunca dejamos de aprender, pero en nuestra vida laboral esta adquisición de nuevos conocimientos es simplemente primordial.

El conocimiento, bien lo sabemos todos, siempre se obtiene de fuentes de aprendizaje. Veamos cuáles son las principales a lo largo del desarrollo de la carrera.

En mi opinión los factores que posibilitan el conocimiento pueden ser clasificados en dos grandes grupos, según nuestra propia aportación a los mismos.

- En primer lugar señalaré lo que denomino factores internos. Son aquellos que derivan directamente de nuestras propias decisiones. Los fundamentales son:
 - La formación académica o, lo que es lo mismo, la titulación obtenida.
 - La formación extraacadémica, que es la lograda de forma paralela o simultánea a la formación académica sobre cuestiones o aspectos particulares o especializados.
 - La disponibilidad y la motivación. Aunque no es formación en sí misma, sin disponibilidad ni motivación hacia la adquisición de nuevos conocimientos todo lo demás será inútil.
- Además de los factores anteriores existen otros que denomino externos y cuya aparición no depende ni de nuestras decisiones ni de nuestra actitud. También pueden subdividirse en dos grandes apartados:
 - Factores sistémicos. Son aquellos que derivan del entorno por su propia naturaleza y siempre están presentes. La forma de una organización condiciona de forma permanente todo lo que ocurre en su interior.
 - Factores no sistémicos. Son los derivados de situaciones coyunturales, ajenas a nosotros, pero que no se repiten ni tienen carácter permanente.

A continuación describiré con algo más de detalle los factores antes citados según la división propuesta.

FACTORES INTERNOS

La formación académica

Como ya se ha dicho es el primer factor interno y comienza su influencia incluso antes de que empiece la propia carrera profesional. La formación académica es compleja por lo que debe aportar al que la recibe:

- Las técnicas y los conocimientos específicos de la profesión.
- Una metodología de estudio para que otras formaciones que se quieran llevar a cabo con posterioridad sean exitosas.
- Una metodología de análisis de problemas y de búsqueda de soluciones.
- Una metodología de exposición de conocimientos y de comunicación de ideas.

“Nunca dejamos de aprender, pero en nuestra vida laboral esta adquisición de nuevos conocimientos es simplemente primordial”.

La formación extraacadémica

La primera formación extraacadémica está constituida por todos aquellos cursos y estudios que se hacen para, en opinión de cada uno, complementar la formación académica. En los últimos años se ha convertido casi en un objeto de culto de los jóvenes que quieren acceder al mercado laboral. Presentan toda una pléyade de estudios de la más diversa índole, independientemente de la utilidad de los mismos y, algo que no es baladí, de la coherencia entre esos estudios. Esta formación es muy útil, ya que ninguna carrera universitaria puede formar en todos los aspectos que los profesionales van a necesitar, pero debe ser objeto de meditación ya que no puede ser realizada con fines acumulativos exclusivamente. Una buena formación académica dará pautas suficientes para que el alumno titulado sepa crear-se el itinerario formativo extraacadémico más acorde con su formación anterior y con sus pretensiones personales.

La formación extraacadémica que se lleva a cabo dentro de la carrera profesional tiene dos formas de ejecutarse.

- La primera es la capacitación al puesto de trabajo. Se realiza en las primeras fases de la incorporación laboral y debe ser:
 - Rápida, ya que toda organización espera que las nuevas incorporaciones estén al máximo rendimiento en el mínimo tiempo posible.
 - Amplia, pues se debe aprender el máximo posible en el tiempo disponible. Ninguna organización se considera cómoda cuando su personal se limita a hacer solo lo que se le indica.
 - Equilibrada, pues no debe pretender que se conozcan todos los “secretos” de la organización en un tiempo récord.

Además de estas características, la capacitación debe estar orientada a lograr no solo la formación del recién incorporado, sino también su credibilidad ante sus superiores y la aceptación del grupo en el que se integre. Si después de un tiempo razonable, una persona no ha conseguido alcanzar estas tres metas, conocimiento, credibilidad y aceptación, nunca conseguirá ganarse el respeto de la organización.

- La segunda forma extraacadémica es la formación continua. Si el desempeño de la labor profesional ha granjeado la suficiente credibilidad a la persona, se generará la oportunidad de recibir formación extraordinaria orientada a algún fin específico. Esta formación siempre es hija de la necesidad lo que, unido a que la mayoría de las organizaciones no son entes asamblearios, supone que en un momento dado alguien deberá elegir quién se forma en qué. Esas oportunidades son las que deben ser aprovechadas. ¿Cómo conseguirlo? Ante estas situaciones los responsables suelen regirse por criterios simples pero claros:

- Confianza en que la formación de un individuo será útil a toda la organización.
- Credibilidad profesional del individuo a formar a tenor de su capacidad para la resolución de problemas anteriores.
- Discreción de la persona acerca de la información adicional que va a recibir.

Los objetivos de la formación continua abarcan tanto el aspecto corporativo como el personal. Desde un punto de vista corporativo se pretende lograr aumentar el volumen de conocimientos prácticos y aplicables, más o menos de forma inmediata a las necesidades de la organización. Desde un punto de vista personal hay que buscar un incremento de autoestima derivado de la formación recibida y de las relaciones personales establecidas que nos permitirán un ulterior desarrollo.

Disponibilidad y motivación

La *disponibilidad* para la realización de tareas no quiere decir ser siempre voluntario para todo. Este tipo de personas, que en determinados ambientes sí pueden ser exitosas, provocan en muchos responsables la sensación de exceso de osadía. Por tanto, para que sea efectiva la disponibilidad debe estar caracterizada por:

- Una visión realista de las situaciones. Los problemas hay que solucionarlos, no negarlos. Cuando existen hay que abordarlos. Cuando no existen no hay que crearlos.
- Una visión proporcional. Los recursos que se deben movilizar para resolver un problema deben ser los adecuados. Si estar disponible supone movilizar un ejército, cuando lo necesario es una patrulla de tres soldados, la disponibilidad esconde una gran excusa para no hacer las cosas.
- Un espíritu cooperativo. Estar disponible para ganar medallas no es estar disponible. La disponibilidad también implica participar en pequeños trabajos que no van a suponer ningún triunfo a corto plazo. Tendremos que entenderlos como semillas que plantamos, muchas de las cuales no llegarán a germinar.
- Un espíritu constructivo. Presentarse como disponible o voluntario para una labor no implica su éxito. Hay que tener

previsto qué hacer si el proyecto fracasa. También puede producirse la situación contraria, es decir, el acierto. Ello exige haber delegado lo suficiente como para poder soltar amarras del proyecto con facilidad si se es requerido en otra función.

Como algo que envuelve e inspira todo lo anterior hay que señalar a la *motivación*. La motivación es un aspecto clave para cualquier desarrollo profesional. De forma inconsciente pero sistemática, las personas solo realizan de la forma más eficiente posible aquellas tareas que les proporcionan un beneficio/placer personal. Es imprescindible que en cada momento tengamos en cuenta nuestra escala de valores. Solo así tendremos el ánimo suficiente para emprender nuevas tareas, que seguro que nos cuestan un esfuerzo.

La disponibilidad y la motivación son los dos aspectos más diferenciadores de unas personas respecto a otras en su desarrollo profesional, y constituyen la auténtica y genuina aportación de cada uno.

FACTORES EXTERNOS

Los factores externos son aquellos que afectan al desarrollo profesional y están referidos u originados en el entorno



pixabay.com

“Robinson Crusoe. Nunca aprendió, ni tuvo intención de hacerlo, a sobrevivir en una isla desierta. Pero lo hizo”.

y la coyuntura en los que desarrollamos la citada carrera. Un ejemplo extremo es Robinson Crusoe. Nunca aprendió, ni tuvo intención de hacerlo, a sobrevivir en una isla desierta. Pero lo hizo.

Como ya se ha indicado anteriormente podemos distinguir dos tipos de factores externos, que denominaremos sistémicos y no sistémicos.

Factores sistémicos

Algunos de ellos se repiten de forma sistemática. Son muy numerosos, pero entre los que son muy frecuentes podemos citar:

- Tipo de organización. Las organizaciones tienen diferentes necesidades que cubrir según su estructura. No es lo mismo una multinacional de un sector industrial, una pequeña empresa familiar o un centro de educación superior. Para mejorar las posibilidades de desarrollo profesional hay que tener en cuenta cosas del tipo:
 - Rapidez en la capacitación.
 - Habilidades comunicativas.
 - Capacidad de concreción de la información.
 - Manejo fluido del idioma corporativo.



- El ámbito territorial del trabajo. ¿Se realiza el trabajo en un país, una región, un continente? ¿Es global? Como ejemplo de este aspecto quiero señalar que el slogan corporativo de una importante consultora mundial es Think Global, Act Local.
- Negocio de bienes o servicios. ¿Vendemos un producto que termina en la venta o tiene un servicio post-venta? ¿Estamos en una empresa de servicios donde el trato personal es absolutamente fundamental? ¿Cuánto dura la prestación de un servicio?

Factores no sistémicos

Son aquellos que no dependen de nuestras decisiones y no son permanentes en la organización. Son derivados del momento temporal y de sus circunstancias. Estos factores presentan una característica que los diferencia del resto: no se puede presumir su repetición en el tiempo.

Si los factores anteriores eran muy numerosos, estos son imprevisibles por su propia naturaleza. Aun con todo, sí podemos decir que un conjunto muy importante de este tipo de factores son los que se refieren a la adecuación entre nuestras características personales y las exigencias del puesto y del momento. Simplemente con la intención de enunciar algunos de ellos podemos citar:

- Edad. Cada tarea requiere un tipo de persona adecuado, y la edad de esa persona es de vital importancia. Si a todos nos parece temerario pretender ser el director de producción de una planta de 1000 trabajadores con 23 años, también lo parece pretender arrancar un nuevo centro de producción en China con 63 años.

La influencia de este factor es variada entre diversas empresas y sectores y otros tipos de organizaciones. En algunas el desarrollo es muy acelerado en las primeras edades (hasta 35-40 años) mientras que en otras se produce un desarrollo más tardío (40-50 años). Aunque no tenga una explicación racional, también podemos indicar que la adecuación de la edad al puesto depende de opiniones no demostradas. Al final de los años ochenta y principio de los noventa, durante la edad de oro de los "ejecutivos agresivos", el clímax del desarrollo profesional debía producirse antes de los 35 años de edad, lo cual se demostró como una falacia total.

- Situación personal. Debemos tener presente que el desarrollo profesional exige tiempo y dedicación, y como recursos que son, son limitados. Cada "sí" significa que el resto de respuestas serán "no". Hay que valorar la capacidad y el deseo de conciliar vida laboral y personal.

Análisis

Los factores externos deben ser objeto de análisis para permitir desarrollar una carrera profesional sin sobresaltos. Los factores sistémicos pueden ser estudiados, y los no sistémicos estimados. Este análisis debe permitir prepararse para su aparición, estimar la valoración de nuestro trabajo y determinar si se dispone de lo que se considera necesario y de la percepción que pensamos que la organización tiene de nosotros mismos.

EL CAMBIO COMO FACTOR DE DESARROLLO

Se ha comentado hasta ahora que el desarrollo profesional es un proceso evolutivo no continuo y que se lleva a cabo entre momentos puntuales y etapas de continuidad más o menos largas.

Es por ello que el cambio de lugar de trabajo, de actividad, de organización, es uno de los momentos más importantes en cualquier desarrollo. Apostar por desarrollar la carrera en la misma organización o decidirse a cambiar por otra tiene ventajas e inconvenientes que comentaremos posteriormente.

En primer lugar, una gran diferencia es el tiempo disponible para la formación en las nuevas aptitudes que se precisan. Al cambiar de organización hay que tener en cuenta que el tiempo de que se dispone para prepararse es muy breve. El desarrollo dentro de la misma organización permite manejar mejor los tiempos.

El desarrollo profesional dentro de la misma organización se enfrenta a inconvenientes entre los que destacan.

- Ruptura de la barrera de credibilidad por parte de los superiores. Hay que romper mucha historia anterior y superar los miedos y recelos derivados de las personas que nos han visto "desde pequeños". Si se desea poder superar esto, dentro de la misma organización, hay que plantearse una carrera a largo plazo, donde de forma poco notoria se vayan alcanzando nuevas responsabilidades "casi sin que se note".
- Ruptura del rechazo ocasionado entre las personas del mismo nivel jerárquico por no aceptación de una nueva autoridad. Es frecuente el rechazo a los recién llegados a puestos de responsabilidad por medio de fórmulas del tipo "yo a ese no le pienso hacer ni caso" u otras de peor intencionalidad, como "ya sabemos por qué le han elegido". Conseguir la aceptación por parte de los compañeros es complejo. Una tarea ineludible, una vez obtenido el ascenso, es crear un ambiente favorable. Es el tradicional problema de "poder y autoridad" o, en terminología más actual, el problema del "liderazgo".

Por su parte, el cambio de organización también presenta inconvenientes, ya que todo cambio está sujeto a riesgo y, por lo tanto, a fracaso. Además, en estas situaciones hay que constatar que existen aspectos que incrementan y focalizan este riesgo en la persona del protagonista. Citaremos algunos de ellos:

- Soledad. Es muy frecuente que en la nueva organización el individuo se encuentre bastante solo, sin las relaciones personales anteriores. Esto lo convierte en víctima propiciatoria cuando "ocurre" algo y hay que asignar culpabilidades.
- Desconocimiento. Desconocer la historia de la organización, las redes informales que existen, las costumbres, etc..., lleva a cometer errores. Hay que minimizar su impacto, pero su aparición es inapelable.
- Prisa. Todo el mundo tiene necesidad de ser reconocido cuanto antes. Esto incita a trabajar con prisas y a aceptar riesgos no bien medidos y de consecuencias desconocidas. Además, el trabajo con prisa es un factor generador de ansiedad, tanto en el protagonista como en el entorno y ello es muy negativo.
- Expectativas desmedidas. Las situaciones de cambio siempre crean expectativas nuevas y, generalmente, superiores a las posibles. Pero una cosa es que sean superiores y otra cosa es

“Todo el mundo tiene necesidad de ser reconocido cuanto antes. Esto incita a aceptar riesgos no bien medidos y de consecuencias desconocidas”.

que sean desmedidas. Hay que fomentar la moderación en los logros a perseguir, tanto en uno mismo como en el grupo de pertenencia, a fin de no provocar desánimos desmotivadores y que desacrediten al recién incorporado ante el resto.

- Un aspecto también muy común en los momentos de cambio es la generación de estados anímicos inestables. Es frecuente que un día uno se vea capacitado para ejercer cualquier trabajo y que al día siguiente esa visión sea la de verse superado totalmente por la situación. Hay que mantener el máximo de equilibrio emocional evitando situaciones de ansiedad que reducen en gran medida la capacidad de aprendizaje y la eficacia en las acciones.

Estos y otros aspectos aparecen en el desarrollo de la vida profesional de la gran mayoría de las personas. De su previsión y control, en la medida de lo posible, dependerá que este desarrollo sea suave o lleno de altibajos. Y, aunque es difícil escarmentar en cabeza ajena, los jóvenes que dejan los centros de estudio deberían saber qué es lo que más les va a afectar e intentar adelantarse a los hechos. Quizá los visionarios que mayor éxito han tenido en la Historia hayan ejercitado mucho más la reflexión que la inspiración.

Juan José Ortega.
Tesorero de Colegio Oficial de Químicos de Aragón y Navarra.



UN
CAMPEONATO
ENTRE
ÁRBOLES:
MÁS ALTO,
MÁS GRANDE,
MÁS VIEJO...

“En el año 2000 se descubrió el llamado *Stratosphere Giant*, de 112.7 m. de alto, que pasó a ser el campeón del mundo... por solo cuatro años, ya que en 2004 se encontró el actual campeón, *Hyperion*, que mide 115.55 m”.

POR JUAN PABLO
MARTÍNEZ RICA



Los árboles más altos de Zaragoza: Unos plátanos de sombra junto al Ebro.

Si en duda el lector, si vive en Zaragoza, conocerá algún árbol que le habrá impresionado por su tamaño o aspecto. Hay árboles impresionantes a pesar de las difíciles condiciones de suelo y clima que la ciudad ofrece, y alguno, como el difunto laurel de Torrero, es bastante conocido gracias a los medios de comunicación. Y existe incluso un libro en el que se recogen los árboles y conjuntos de árboles singulares de la ciudad. No se trata de un catálogo oficial sino oficioso, pero les ha valido a algunos ejemplares su señalización mediante carteles adjuntos y quizás su protección, aunque varios de ellos han muerto o han sido cortados a pesar de estar incluidos en el catálogo. En el mismo se dan las alturas y diámetros de tronco en los árboles seleccionados, y ello permite establecer cuáles son los árboles más altos y los más gruesos de la ciudad.



Probablemente el árbol más viejo de Zaragoza, de unos 130 años, es este falso algarrobo situado frente al cuartel de bomberos, y que ha perdido ya parte de su copa.

Imágenes cedidas por el autor.

Por lo que respecta a la altura, los más altos son los plátanos de sombra (*Platanus x hispanica*) que se hallan cerca de la margen derecha del Ebro, bajo el Puente Giménez Abad, en el Tercer Cinturón. Dos o tres ejemplares en ese grupo alcanzan los 30 m de altura.

Una altura ligeramente menor (29 m), pero un tronco mucho más grueso, con un perímetro de 4.60 m, exhibe un ejemplar de olmo común (*Ulmus minor*) situado en la Huerta de las Fuentes, que resulta ser el más grueso de Zaragoza. En ambos casos el tamaño se explica por la situación periurbana de los árboles, en un entorno menos difícil, por la proximidad al río o a los canales de riego y por el suelo de aluvión, profundo y fértil. De todos modos, el olmo presenta ya síntomas de envejecimiento, y sus ramas superiores están muertas, por lo que sus expectativas de vida no son largas.

En cambio, el árbol más viejo de Zaragoza se halla dentro de la ciudad, y se trata de un ejemplar de falso algarrobo, o acacia de tres espinas (*Gleditsia tiracantos*) que vive junto al cuartel principal de bomberos, en la Avda. Marqués de la Cadena. Como los anteriores, se halla incluido en el libro mencionado y tiene un cartel metálico que declara su singularidad, aunque se refiere al tamaño y no a la edad, un rasgo difícil de determinar.

En efecto, mientras que la altura de un árbol o el perímetro de su tronco pueden medirse con facilidad y precisión, la edad normalmente solo puede estimarse. Los dos métodos más fiables para fijar la edad de un árbol son el recuento de los anillos de crecimiento o la datación por radiocarbono, y existen bastantes especies para las que estos métodos no



La secuoya gigante de Daroca, con 42 m, es el árbol más alto de Aragón.

Imagen cedida por el autor.

pueden ser empleados. Una de ellas es el olivo, por lo que la edad de muchos olivos centenarios (y hasta supuestamente milenarios) no puede estimarse con seguridad. De todos modos es fácil inferir que no existe en la ciudad ningún árbol mayor de 200 años, porque todos los árboles urbanos o del entorno de Zaragoza fueron cortados por sitiadores y sitiados durante los asedios de 1808 y 1809.

Así pues, no es fácil determinar cuál de los árboles actuales es el más viejo. El que se indica unas líneas atrás lo es probablemente pero, a falta de prueba dendrocronológica, hay que apoyarse en estimas documentales incompletas, que no per-

miten más que una aproximación. No es lugar este para detallar dichas estimas, pero la edad del árbol no es, seguramente, menor de 110 años ni mayor de 150.

ARAGÓN

En un territorio más extenso, como Aragón, las dificultades para encontrar los árboles notables aumentan. Un recorrido completo con una medición exhaustiva de todo el arbolado es imposible y, a falta de la misma, es necesario acoger las propuestas de distintas personas o grupos que hayan señalado árboles excepcionales. Por suerte, como en el caso anterior, existe un libro

publicado por el Gobierno de Aragón que intenta recopilar los árboles singulares de la región, pero recoge solo una parte del conjunto, y no hay garantía de que los árboles de mayor porte y edad estén incluidos en el mismo.

Por otra parte al tratarse de un territorio con áreas silvestres y urbanizadas, es preciso hacer distinciones entre los árboles cultivados, a menudo exóticos y plantados artificialmente con fines ornamentales o productivos, y los árboles autóctonos, nacidos naturalmente con poca o ninguna intervención humana. Aquí se distinguirán las especies aragonesas y las introducidas, si bien muchos de los ejemplares notables de especies autóctonas lo son porque se han beneficiado de los cuidados que el hombre les ha dado.

Así las cosas, ¿Cuáles son los árboles más altos de Aragón? Para las especies autóctonas, el árbol más alto es probablemente un ejemplar de abeto común o pinabete (*Abies alba*) que crece en la selva de Gamueta, en el término municipal de Ansó, en la provincia de Huesca, a unos 200 m del final de la pista de Linza. Medía hace pocos años 38 m de altura, y esta medida es la mayor de que tengo noticia entre las registradas. En cuanto a las especies introducidas, por supuesto pueden superar este extremo. El valor más alto parece corresponder a un ejemplar de secuoya gigante (*Sequoiadendron giganteum*) plantado a finales del siglo XIX en el jardín de la Torre del Pilar, o Torre Campillo, en el término de Daroca. La secuoya de Torre Campillo es un árbol singular, reconocido en las publicaciones oficiales del Gobierno de Aragón y que figura en algunas guías turísticas locales. Su altura actual es de 42 m, y eso después de perder la guía y las ramas superiores a consecuencia de un rayo en 1988. Por otra parte su tronco es también muy grueso, como sucede en los ejemplares adultos de esta especie, pues alcanza los 2.40 metros de diámetro, lo que equivale a una circunferencia de unos 7.5 m. Sin embargo no es el árbol más grueso de Aragón, aunque no le falta mucho para serlo.

Este honor queda, por lo que hace a los árboles autóctonos, para un nogal de Chía, en Huesca, y respecto a las especies introducidas, para un ciprés azul próximo a Esquedas, también en Huesca. El primero mide 2.42 m de diámetro, poco más que la secuoya antedicha, pero su perímetro no es circular sino irregular, y por ello mayor que en aquella. Sin embargo este nogal (*Juglans regia*), que se encuentra a la entrada del pueblo de Chía, en la Ribagorza, tiene la particularidad de que su tronco se bifurca en dos grandes ramas a poca altura sobre el suelo, precisamente a 1.3 m. Esta altura es la que se utiliza como norma para medir el diámetro de los troncos, de lo que resulta que en este caso el diámetro es bastante menor en la base (casi dos metros, lo que tampoco está mal), que a la altura estándar, y por esta causa el diámetro medido es mayor que el que corresponde al tamaño general del árbol.

La situación correspondiente a las especies introducidas es similar. En tal caso el árbol más grueso es el ciprés azul (*Cupressus arizonica*) que se encuentra en el vivero forestal que tiene la DGA junto a la vía del ferrocarril a Canfranc, a la altura de Plasencia del Monte. En este caso el tronco se divide también a poca altura sobre el suelo, pero no en dos, sino en muchas ramas. La altura estándar de 1.30 m corresponde, pues, a la zona de ramificación, lo que da un diámetro de tronco anormalmente alto, de 3.2 m. El diámetro en la base es bastante más pequeño, de 1.5 m. De todos modos se trata de un ejemplar muy grande para la especie, lo cual se explica, evidentemente, porque se halla en un vivero y ha sido objeto de cuidados especiales. En efecto, los árboles cultivados sobrepasan a menudo en dimensiones a sus congéneres silvestres. Esto es más evidente en diversas especies mediterráneas, como pinos, encinas o alcornoques, y sobre todo en los cipreses,

“Todos los árboles urbanos o del entorno de Zaragoza fueron cortados por sitiadores y sitiados durante los asedios de 1808 y 1809”.

en particular en el ciprés de Monterrey (*Cupressus macrocarpa*) que en muchos entornos urbanos y en diversos jardines botánicos alcanza dimensiones impresionantes, cuando en condiciones naturales es un arbolito modesto.

Determinar los árboles más viejos de Aragón, o de cualquier otro territorio, es un problema mucho más arduo que el señalar los más grandes. La mayor parte de las especies tienen una longevidad potencial moderada, que no sobrepasa los 200 años, y solo hay un puñado de ellas que puedan alcanzar los 500 años. De entre estas hay que descartar algunas, como el olivo, el tejo, el castaño o la sabina albar, que no permiten el uso de métodos fia-



El ciprés azul de Plasencia del Monte. Con casi 2 m de diámetro en la base, y más de 3 en la zona de la ramificación, es el árbol más grueso de Aragón.

Imagen cedida por el autor.



bles para la datación. Ello no quiere decir que no sean muy viejos, simplemente que su edad es desconocida. Como muchos de los candidatos, que se disputan el primer puesto en esta competición de vejez, pertenecen a estas especies no verificables, queda claro que determinar el campeón no es fácil. Ni la creencia general ni el tamaño o el grosor del tronco pueden considerarse pruebas, como ya se ha indicado anteriormente. Los documentos históricos pueden ser aceptados en algunos casos, pero en general son poco fiables para edades superiores a unos pocos siglos. Los únicos métodos que permiten una datación ajustada son el recuento de los anillos de crecimiento en aquellas especies que añaden un anillo por año y la datación por radiocarbono, que no es aplicable a muestras contaminadas, como lo son la mayoría.

Dicho esto, debemos buscar las especies más longevas entre aquellas que, bien por causas naturales o por las condiciones del entorno en que habitan, tengan un crecimiento más lento. Se trata a menudo de especies que viven en ambientes muy hostiles, de latitud o altitud muy elevadas, donde el frío limita la estación

anual de crecimiento a unas pocas semanas, y donde los árboles a duras penas sobreviven. En Aragón, tales ambientes se dan en la alta montaña pirenaica o ibérica. Entre los árboles que han sido datados por métodos fiables en estos lugares figura el que por ahora tiene la mayor edad medida en Aragón, un pino negro (*Pinus uncinata*) que crece en la Senda de los Cazadores, en el Parque Nacional de Ordesa, y que cuenta con más de 700 años¹.

1. La edad no ha podido establecerse con precisión porque el centro del tronco está descompuesto, pero se sabe que sobrepasa los 700 años sin llegar los 800 (CAMARERO et al., 2009). Estimaciones posteriores, sin embargo, han rebajado esta cifra.

El "Abuelo", un eucalipto azul plantado a finales del s.XIX en el eucaliptal de Chavín, cerca de Vivero (Lugo). Mide 67 m. de alto, la segunda talla mayor de España (arriba).

Un viejo pino negro en los roquedos del Parque Nacional de Ordesa. Con más de 700 años, es el árbol de edad conocida más viejo de Aragón (abajo).

ww.turismo.gal (arriba)
Imagen cedida por el autor (abajo)



“En España son muchos los árboles que han merecido oficial o extraoficialmente el calificativo de singulares, y muchos los libros a ellos consagrados”.

Por supuesto, entre las especies no comprobables existen algunos ejemplares que pretenden edades similares o mayores. En particular se suponen estas edades para determinadas sabinas (*Juniperus thurifera*) y olivos (*Olea europaea*) a los que se cree milenarios. En la zona fronteriza entre Teruel y Castellón se proclama la existencia de numerosos olivos milenarios, tres de los cuales se situarían en territorio Aragonés. El criterio para determinar la edad es en este caso el diámetro del tronco, que califica como milenarios a los árboles en que exceda de 1.1 m a la altura del pecho. Naturalmente este criterio es muy poco fiable, siendo el olivo un árbol de crecimiento lento, pero no tanto como el del pino negro a gran altitud. No obstante, los olivos en cuestión, o los igualmente notables olivos de Riglos, son realmente espectaculares y pueden superar, sin duda, los cinco siglos de edad.

ESPAÑA

En España son muchos los árboles que han merecido oficial o extraoficialmente el calificativo de singulares, y muchos los libros a ellos consagrados. La mayor variedad, la competencia entre los distintos autores y el distinto grado de fiabilidad de los registros es la elección más difícil que en territorios más restringidos. Los ejemplares comentados aquí ocupan un primer puesto provisional. Un ejemplo de esta provisionalidad se recoge seguidamente, el de un eucalipto azul (*Eucalyptus globulus*) de 67 m, bautizado como “El Abuelo”, en la provincia de Lugo, que ha pasado hasta hace poco por ser el más alto del país, y que se ha visto relegado a la segunda posición por un vecino suyo que le aventaja en un metro según mediciones más recientes.

Más difícil es decidir cuál es el árbol de tronco más grueso en nuestro país. También en este caso hay que distinguir las especies autóctonas de las introducidas. Respecto a las primeras, sin duda la especie que alcanza mayor grosor es el castaño (*Cas-*

El árbol más viejo medido en España es un pino laricio que se halla en la Sierra de Cazorla, y cuenta con 1048 años.

Imagen cedida por el autor.



tanea sativa), y entre los castaños españoles probablemente el más grueso es el que crece en el término de Ojeda-Potes, con una circunferencia de más de 13.75 m. m, correspondiente a un diámetro de unos 4 m. Aunque el diámetro de este tronco es espectacular, se dice que todavía fue superado por otro castaño que ya no existe, en Casas del Monte. En esta localidad cacereña existía al parecer un castaño de 20 m de perímetro, pero el más grueso de los árboles que allí quedan hoy solo tiene 11 m. La corona queda pues para el castaño de Potes.

Para localizar los árboles más longevos de España, como en el caso de Aragón, hay que buscar especies que vivan en ambientes muy difíciles, donde su crecimiento haya de ser forzosamente lento y la estación activa se reduzca a unas pocas semanas al año. Los pinos negros, como hemos visto, alcanzan edades muy altas en los Pirineos. Más al sur esta especie escasea o falta por completo. En la Sierra de Cazorla, en Andalucía, los altos roque-

dos casi desnudos situados cerca de los 2000 m de altitud albergan otra especie, el pino laricio (*Pinus nigra*), que ocupa un nicho ecológico similar. Por ahora la edad más alta medida en un árbol español mediante el recuento de sus anillos de crecimiento lo ha sido en uno de estos pinos, que ya es milenario pues tiene 1048 años. Ese pino ilustra la aseveración antes apuntada de que el diámetro del tronco no es un criterio fiable para estimar la edad de un árbol, pues dicho diámetro es superado por otros ejemplares más jóvenes de la misma especie y comarca.

EUROPA

En los apartados anteriores, y en especial en el precedente, hemos encontrado árboles verdaderamente notables. Por lo que respecta a la altura solo distinguiremos, como antes, entre las especies autóctonas y las introducidas. Entre las primeras, la especie que alcanza mayor altura es el abeto rojo (*Picea abies*). Algunos ejem-

plares de la región de los Balcanes casi alcanzan los 60 m. Esto es tanto más sorprendente cuanto que la especie es propia de latitudes más elevadas y abunda especialmente en Escandinavia, encontrándose en los Balcanes sus poblaciones meridionales extremas. Ahora bien, los bosques balcánicos que albergan los ejemplares más altos son bosques primarios, poco alterados y alejados de las áreas más urbanizadas.

En esos bosques, y en especial en el Parque Nacional de Sutjeska, en Bosnia, se encuentran bastantes abetos rojos que superan los 50 m de altura. Uno de ellos pasa por ser el árbol autóctono más alto de Europa al que se le ha dado hasta hace poco una talla de 63 m (ese es el valor consignado todavía en “Wikipedia”) pero que ha sido establecida por mediciones más recientes y precisas en 57.8 m. Existen fotografías oficiales de ese árbol, aunque las que lo recogen entero son muy altas y estrechas. La que se adjunta permite formarse una idea de las dimensiones de este abeto al compa-

rarlo con la figura humana apenas perceptible que se encuentra a sus pies. Como se ve, se trata de un árbol muy esbelto, con tronco relativamente delgado (diámetro de 1.08 m a 1.30 m del suelo).

Si se toman en cuenta las especies introducidas, los abetos europeos se ven desplazados por las especies exóticas gigantes, particularmente por eucaliptos y secuoyas. Ya hemos visto que el árbol más alto de España es un eucalipto azul, y el mayor de Europa es también otro eucalipto, el karri o eucalipto de Perth (*Eucalyptus diversicolor*). Fue plantado en los bosques de Buçaco, cerca de Coimbra, en Portugal, concretamente en el que es hoy el Bosque Nacional del Valle de Canas (Mata Nacional do Vale de Canas), en el último cuarto del siglo XIX.

Como todos los eucaliptos de esta especie, el ejemplar de Buçaco es un árbol muy esbelto, con un tronco delgado para su altura, pues no llega a 1.3 m de diámetro. Los grandes eucaliptos españoles, como "el Abuelo de Chavín", con una edad bastante mayor, tienen una talla menor pero un tronco más grueso. El ejemplar portugués debe quizás su supervivencia a esta esbeltez, que sitúa su copa a gran altura sobre el suelo. Esto le libró probablemente de la muerte en el incendio que en 2005 arrasó en un 80% el bosque que lo alberga.

Pasemos ahora a discutir los árboles europeos de tronco más grueso. En la actualidad, el primero de ellos parece ser un tilo (*Tilia platyphyllos*) existente en la localidad alemana de Heede, en la Baja Sajonia, junto a la frontera con Holanda. A este árbol se le atribuye una edad de 1000 años, o por lo menos eso indica una placa que se halla junto al mismo, pero este dato no está confirmado, si bien se sabe con certeza que supera claramente la edad de 600 años. Su tronco se ramifica a poca altura y, como ocurre en otros casos que ya se han comentado, es más grueso a la altura

de 1.3 m. Ahí tiene un perímetro de 26 m, que corresponde a un diámetro medio de unos 8 m. Ni qué decir tiene que actualmente es un árbol protegido y bien cuidado.

Los árboles más gruesos de Europa, además de este y otros tilos, se encuentran entre los robles, los tejos y los castaños. En el pasado fue precisamente un castaño famoso el que ostentó el récord europeo, el famoso "Castagno dei Cento Cavalli" (Castaño de los Cien Caballos"), de Sicilia. Este árbol crece desde tiempos inmemoriales en las laderas del volcán Etna, cerca del pueblo de Sant Alfio. Lo que queda hoy del árbol es un pálido reflejo de lo que parece que alcanzó a ser en el pasado. Su edad y su historia han pasado al ámbito de la leyenda, y a esas leyendas se debe su nombre actual. Parece ser que en tiempos remotos una reina o princesa, sorprendida por una brusca tormenta, se refugió bajo el castaño con su séquito de cien caballeros y los correspondientes caballos. Los relatos no son muy fiables y señalan como protagonistas del suceso a distintas damas reales de las cortes europeas de los siglos XIV, XV y XVI. De esta última centuria vienen las primeras noticias serias sobre el castaño, lo cual no es obstáculo para que en la propaganda turística oficial se le atribuya una edad de varios miles de años.

El castaño descrito pasa por ser no solo el árbol más grande de Europa sino también el más viejo, esto último sin suficiente base probatoria. Es probable que ese castaño tenga más de mil años, pero muy difícil que alcance la edad que se le asigna, entre 2000 y 4000 años. ¿Dónde habrá que buscar, pues, los árboles más viejos de Europa?

En este momento son varios los competidores europeos que optan al decanato de los árboles del continente. Además del castaño siciliano entran en la competición dos olivos en Portugal, varios más en Cerdeña y otro en Creta, cuatro tejos en Inglaterra,



Gales, Irlanda y Bélgica, varios plátanos de sombra en el Egeo y el Cáucaso, un alerce en Suiza y dos robles en Bulgaria y en Lituania. La edad es solo estimada en casi todos ellos, y por lo tanto imprecisa, debido a la dificultad de obtener edades fiables en estas especies. Los errores probables sobrepasan el milenio, por lo que esos candidatos deben ser descartados, aunque es muy posible que el árbol viviente más viejo de Europa se halle entre ellos. Es verdad que algunos dicen contar con medidas realizadas por científicos expertos, pero este detalle no ha podido confirmarse. Una medida precisa se tiene solo para un roble búlgaro en la localidad de Granit, pero precisión no es lo mismo que fiabilidad y la medida tomada en este roble es poco fiable.

Indudablemente existen árboles que sobrepasan los 2000 años de edad, aunque no puedan ser datados de forma precisa. Pero hay además un árbol sueco cuya edad bate todas las marcas alcanzadas por cualquiera de los conocidos en Europa. Bien es verdad que se trata de un caso especial y que, en realidad, el árbol en cuestión puede considerarse muerto hace siglos, sin dejar por ello de estar vivo. Esta paradoja se explica a continuación.

¿Por qué es notable ese árbol? Por de pronto por su existencia. No tiene más de 4 m de alto, una talla excepcional en las frías condiciones del lugar. Se estimó que el árbol había crecido en la década de 1940, respondiendo al mejoramiento del clima derivado del calentamiento global. Pero las muestras tomadas de las ramas centrales y más gruesas de la porción arbustiva revelaron una edad mucho mayor, de casi 400 años. Y las raíces de la planta mostraron edades muy superiores, ¡de entre 375 y 9550 años!

Se trata pues de un árbol único, germinado en Suecia poco después de la retirada de los hielos glaciares, y que se ha mantenido desde entonces en forma de arbusto, con brotes ocasionales de troncos

El más alto de los árboles autóctonos en Europa es este abeto rojo de los Balcanes, con una altura de 57.8 m. Su tronco tiene poco más de un metro de diámetro.

Imagen cedida por el autor.



▲
“Old Tjikko” un abeto rojo descubierto en las montañas de Dalarna (Suecia). El árbol, de 4 m de alto, tiene menos de 70 años, pero algunas ramas rastreras próximas al suelo son mucho más viejas, y alguna de las raíces alcanza los 9550 años.

wikimedia.org

en periodos de clima suavizado, troncos que mueren al cabo de unas décadas o siglos dejando vivas las ramas bajas y sobre todo la raíz. Es una situación peculiar, cuya calificación depende de lo que consideremos un árbol. Si no se admite como tal más que la parte del organismo que se levanta bastante del suelo, entonces no podría considerarse árbol este ejemplar, pero si llamamos árbol al conjunto de todos sus órganos, tallos y raíces, entonces si lo sería, y precisamente el más viejo de Europa.

EL MUNDO

Vamos a pasar rápidamente revista a los árboles más notables del mundo. Se atenderá aquí no solo a los criterios ya empleados para otros ámbitos, como la talla, el grosor del tronco o la edad.

Altura

El árbol más alto que hemos comentado mide 72 m de altura. Pero si salimos de Europa encontramos nuevas especies, y entre ellas varias cuentan con ejemplares que sobrepasan los 80, 90 y aún 100 m. Tres especies destacan por la altura de algu-

nos de sus individuos, la secuoya roja (*Sequoia sempervirens*), el eucalipto real (*Eucalyptus regnans*) y el abeto de Douglas (*Pseudotsuga menziesi*).

Hasta 1991 el árbol más alto del mundo era el llamado “Dyerville Giant”, que medía 114.9 m., pero una tempestad lo derribó ese año. En el año 2000 se descubrió el llamado “Stratosphere Giant”, de 112.7 m. de alto, que pasó a ser el campeón del mundo... por solo cuatro años, ya que en 2004 se encontró el actual campeón, “Hyperion”, que mide 115.55 m. Todos esos árboles y otros similares se hallan en los bosques costeros de secuoyas en California. La especie ha sido introducida en muchos otros países fuera de Estados Unidos pero, claro está, los ejemplares introducidos son hoy muy jóvenes, pues tienen un par de siglos cuando más, y quedan muy lejos de sus hermanos gigantes americanos, todos los cuales sobrepasan el milenio.

Puede extrañar que en un territorio tan poblado y explorado como es el del estado de California se encuentren todavía árboles desconocidos previamente ignorados.

Pero, aunque sea un territorio muy urbanizado, California continúa y aún contiene amplias zonas inexploradas. Se trata de áreas sin caminos, de bosques muy densos con sotobosques casi impenetrables, generalmente localizadas dentro de parques o reservas naturales. De hecho, los mayores ejemplares actuales han sido descubiertos después de que, a finales del pasado siglo, se formase un equipo de científicos y deportistas apasionados por los árboles, que emprendió la exploración sistemática de los bosques californianos de acceso más difícil. Pocas personas, fuera de ese equipo, han sido capaces de alcanzar dichos lugares. Hoy, gracias a ellos, se conocen ya 180 ejemplares de secuoya roja que sobrepasan los 107 m de alto.

Pero los árboles más altos no se restringen a las secuoyas rojas. Como ya se ha dicho, hay otras especies de coníferas, y alguna otra de hoja plana, que pueden competir con ellas. Fuera de las coníferas, en este momento el árbol de hoja plana más alto del mundo es un ejemplar de eucalipto (*Eucalyptus regnans*), que crece en un bosque de la isla de Tasmania, al sur de Australia. Ese árbol es el único, fuera del grupo de las coníferas, que sobrepasa los 100 m de alto, pues alcanza 101.5 m. Fue encontrado en el año 2008, y su ubicación exacta se mantiene secreta para evitar visitas peligrosas.

Bastantes ejemplares de esta y de otras especies de eucaliptos y muchos más de abetos de Douglas superan los 90 m. de alto. Pero si queremos señalar la mayor altura encontrada en un árbol, incluyendo los ejemplares históricos hoy desaparecidos, la hallaremos entre los eucaliptos. En efecto, la mayor altura documentada para un árbol se midió en 1872 en un ejemplar caído de eucalipto real hallado en los bosques del estado australiano de Victoria. El ejemplar estaba roto en tres partes y había perdido la punta pero, así y todo, sumadas las longitudes de los fragmentos alcanzó la asombrosa cifra de 132 m.

Grosor

Tratemos ahora de los árboles de tronco más grueso. Ya hemos comentado el “Castaño de los 100 Caballos”, que tenía a finales del siglo XVIII un tronco de casi 58 m de circunferencia, pero entre los árboles vivos no hay ninguno que pueda comparársele. Hay otros castaños gigantes, y también compiten en este campo diversos plátanos de sombra y muchos baobabs de África pero, al parecer, el árbol vivo de tronco más grueso es un ejemplar de

“Hay un árbol sueco cuya edad bate todas las marcas alcanzadas por cualquiera de los conocidos en Europa”.

ciprés de Moctezuma o ahuehuete (*Taxodium mucronatum*) que vive en Santa María del Tule, en Oaxaca, Méjico, y es una atracción turística nacional. El perímetro de su tronco ha sido estimado diversamente, entre 30 y 60 m. Junto al árbol se halla una placa con las medidas, en la que se indica que la circunferencia de su tronco es de 58 m, lo que daría unos 19 m de diámetro si la sección fuese circular. Como no lo es, sino que presenta muchos entrantes y salientes, el diámetro medio señalado es de unos 14 m. El contorno señalado quizás se haya medido intentando seguir todas las curvas del perímetro, pero si se utiliza una medida estándar, rodeando el tronco con una cuerda a la altura del pecho, el contorno obtenido es bastante más bajo. Una medición más precisa de hace diez años dio un contorno de 36.5 m, lo que da un diámetro medio que no llega a 12 m.

Edad

Ya sabemos que los árboles más grandes no son siempre los más viejos, pero las secuoyas gigantes aparte de su tamaño, alcanzan una edad respetable. La más vieja de las datadas y que aún viven, el “Presidente Harding”, alcanza la avanzada edad

de 3200 años, y otras dos, ya muertas, superaron esta edad. Ningún árbol europeo puede compararseles, pues el abeto de Dalarna es, como se ha dicho, un caso especial, y los tejos más vetustos, que seguramente superan esa edad, no pueden datarse con precisión.

Pero no son estas secuoyas los árboles más viejos. Curiosamente estos se hallan también en California, estado que reúne así los tres récords de altura, volumen y longevidad. La especie más longeva es un pino que vive en las White Mountains, de California y en otras montañas de Nevada y Utah, y que recibe muy apropiadamente el nombre científico de *Pinus longaeva*. De los tres ejemplares más viejos que se conocen de este pino, uno murió en 1965, teniendo entonces 4844 años, y otro, más joven entonces, le ha superado recientemente, y tiene ahora 4849. A uno de sus vecinos corresponde el registro más alto, de 5066 años. Este árbol nació, pues, con la historia humana, al comienzo de los imperios egipcio y sumerio, y era ya milenario dos siglos antes del nacimiento de Abraham.

La historia de estos árboles, simplemente por ser tan larga, está llena de accidentes a los que han sobrevivido y que han dejado su cicatriz en los anillos de crecimiento. Hasta acontecimientos tan remotos como la erupción volcánica de la isla de Thera, en el Egeo, que destruyó la civilización creto-micénica y que dio lugar tardíamente a la leyenda del hundimiento de la Atlántida, ha quedado reflejada allí.

Antes de dejar el tema de los árboles más viejos conviene discutir la situación de los ejemplares que mueren y renacen. Ya hemos encontrado un ejemplo de ellos, el abeto de Dalarna, en Suecia, cuyos troncos pueden alcanzar una edad de 500 años, pero acaban muriendo y son sustituidos por otros troncos, que brotan de una raíz extremadamente longeva, que se acerca a los 10000 años. ¿Hay árboles sucesionales de este tipo fuera de Europa que superen este límite?

Por supuesto, los hay, y seguramente también los hay en Europa. Se sabe de varios bosquecillos europeos de chopos o álamos donde los individuos brotan de un sistema radical único, que se extiende bajo el suelo durante siglos o milenios, y del que salen troncos más efímeros, que se van sustituyendo y que son los árboles que vemos. Fuera de Europa se conocen algunos arbustos de este tipo que cubren una amplia extensión, con lo que puede considerarse un individuo único unido por su sistema radical. Tal es el caso de un peculiar matorral de creosota, *Larrea tridentata*, del Desierto de Mojave, en California, que forma un anillo de unos 20 m de diámetro, cuyo origen se remonta a unos 11700 años, o de otras especies de arbustos de distintos continentes. Pero de árboles clonales de este tipo y de 10000 o más años solo se conocen por ahora tres casos: un rodal de pino de Huon (*Lagarostrobus franklinii*) de la isla de Tasmania, alguno de cuyos troncos alcanza los 3000 años, y el sistema radical los 10000, un roble de California (*Quercus palmeri*) que se ha extendido en diversos pies rebrotados de raíz desde hace más de 13000 años, y el campeón, bautizado como "Pando".

"Pando" es un extenso conjunto de unos 47000 álamos temblones americanos (*Populus tremuloides*), que cubre una extensión de 43 hectáreas en el estado norteamericano de Utah. Los troncos tienen una edad media de 130 años, pero rebrotan de raíz a medida que van muriendo. Se supone que el conjunto está interconectado por las raíces, pero no se ha comprobado de forma taxativa, y pueden existir árboles o grupos de árboles desgajados. Todo deriva de un árbol único cuya edad es incierta, y se ha estimado entre diez mil y un millón de años,



Pando, colonia clonal localizada en el estado norteamericano de Utah.

matadornetwork.com

pero la estima más aceptada se cifra en unos 80000 años. Los detalles se hallan todavía sujetos a debate, pero sí parece claro que "Pando" es el "árbol" más grande del mundo, y supera con mucho a los numerosos bosquecillos clonales de álamos o de otras especies que existen en nuestro planeta.

Juan Pablo Martínez Rica.
Academia de Ciencias de Zaragoza.

“Los detalles se hallan todavía sujetos a debate, pero sí parece claro que Pando es el árbol más grande del mundo”.

REFERENCIAS:

- Conde O. y otros, 2006.- Árboles Singulares de Zaragoza. Ed. Ayuntamiento de Zaragoza.
- Prames, Gobierno de Aragón e Ibercaja, 1997.- Árboles de Aragón: Guía de Árboles Monumentales y Singulares de Aragón. Ed. Prames, Zaragoza.
- Grupo Mundi Prensa, 2004.- Árboles Singulares de España. Ed. Mundi Prensa, Madrid.
- Pater J., 2006.- *Arbres Remarquables d'Europe*. Ed. du Rouergue, Rodez
- Pakenham T., 2008.- Árboles Excepcionales del Mundo. Ed. Blume, Barcelona.

Construyendo...



¡MATRICÚLATE!
ciencias.unizar.es/web

EL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

GRADOS

- Grado en Biotecnología
- Grado en Física
- Grado en Geología
- Grado en Matemáticas
- Grado en Óptica y Optometría
- Grado en Química

MÁSTERES

- Máster en Biología Molecular y Celular
- Máster en Física y Tecnologías Físicas
- Máster en Geología: Técnicas y Aplicaciones
- Máster en Modelización e Investigación Matemática, Estadística y Computación
- Máster en Química Industrial
- Máster en Química Molecular y Catálisis Homogénea
- Máster en Nanotecnología Medioambiental (ENVIRONNANO)
- Máster en Materiales Nanoestructurados para Aplicaciones Nanotecnológicas (NANOMAT)
- Máster Erasmus Mundus en Ingeniería de Membranas

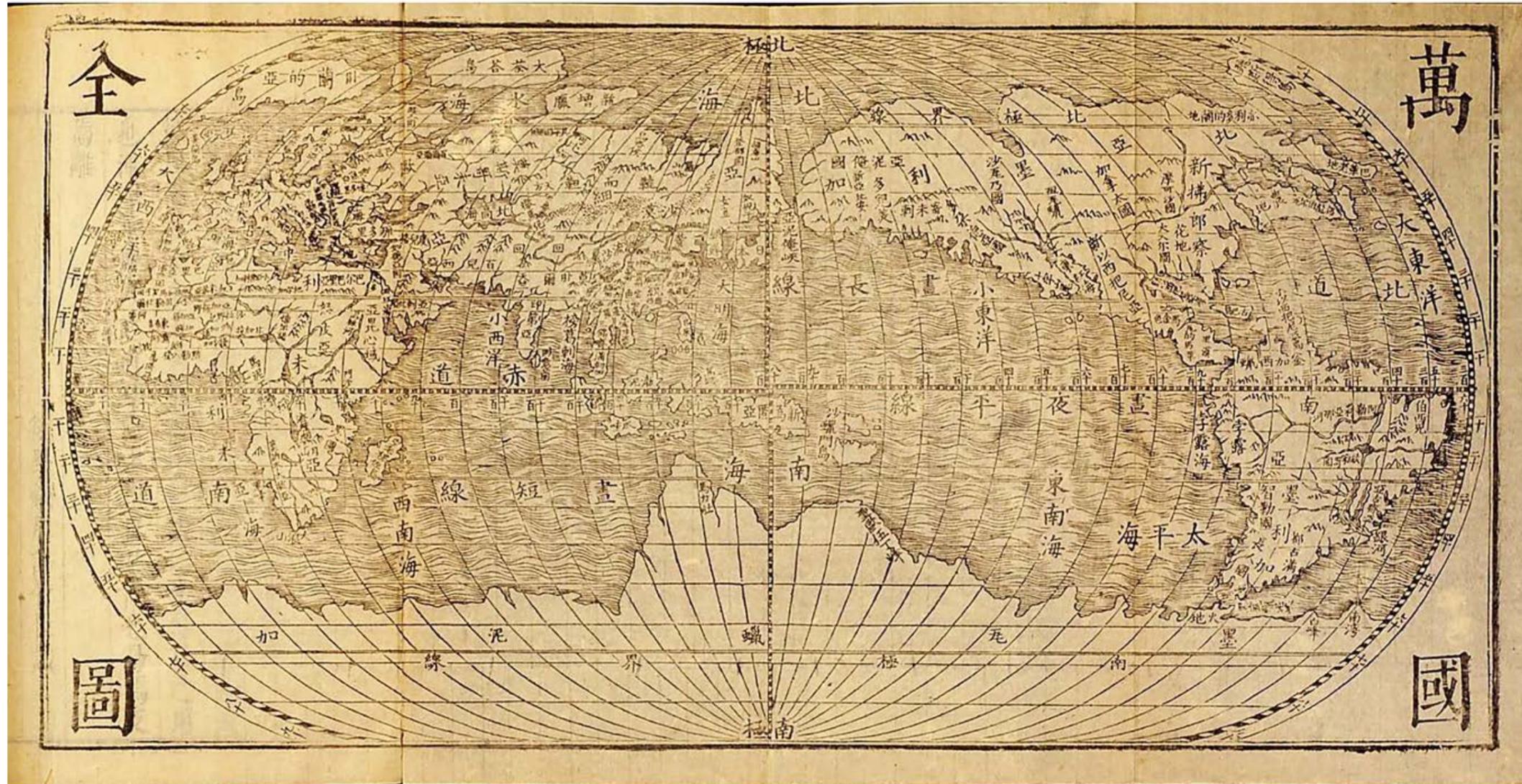


“Muchos inventos y avances científicos y tecnológicos de occidente eran conocidos en China varios siglos antes”.

LA ÓPTICA EN LA CHINA IMPERIAL

POR JUAN A. VALLÉS





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

martayanlan.com

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

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

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

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

LOS PRIMEROS ESPEJOS Y SUS PROPIEDADES

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

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



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

totallyhistory.com
baike.so.com

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

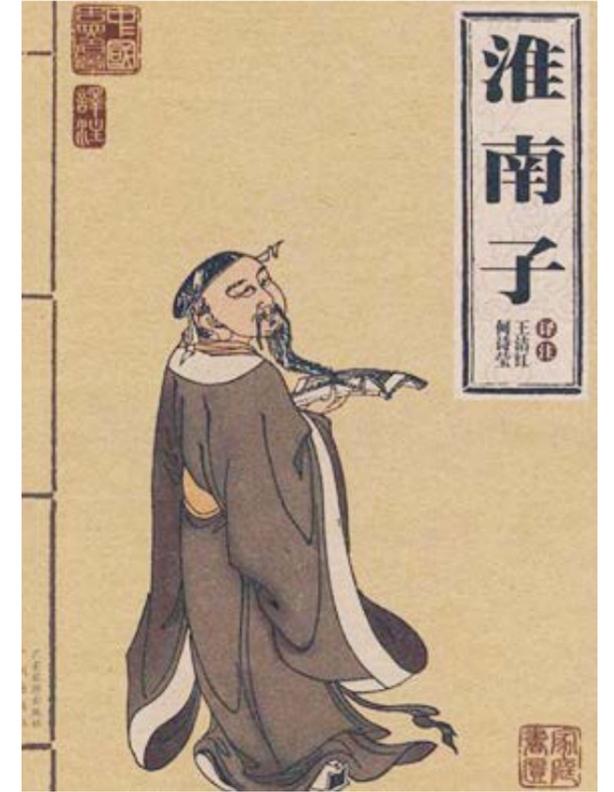
Aún hoy en día, los espejos juegan un rol esencial en el Feng Shui, antiguo sistema filosófico chino de origen taoísta basado en la ocupación consciente y armónica del espacio, con el fin de lograr de este una influencia positiva sobre las personas que lo ocupan. De acuerdo con Feng Shui, los espejos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

LA ÓPTICA MOHISTA

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

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

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



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

english.ah.gov.cn



pixabay.com

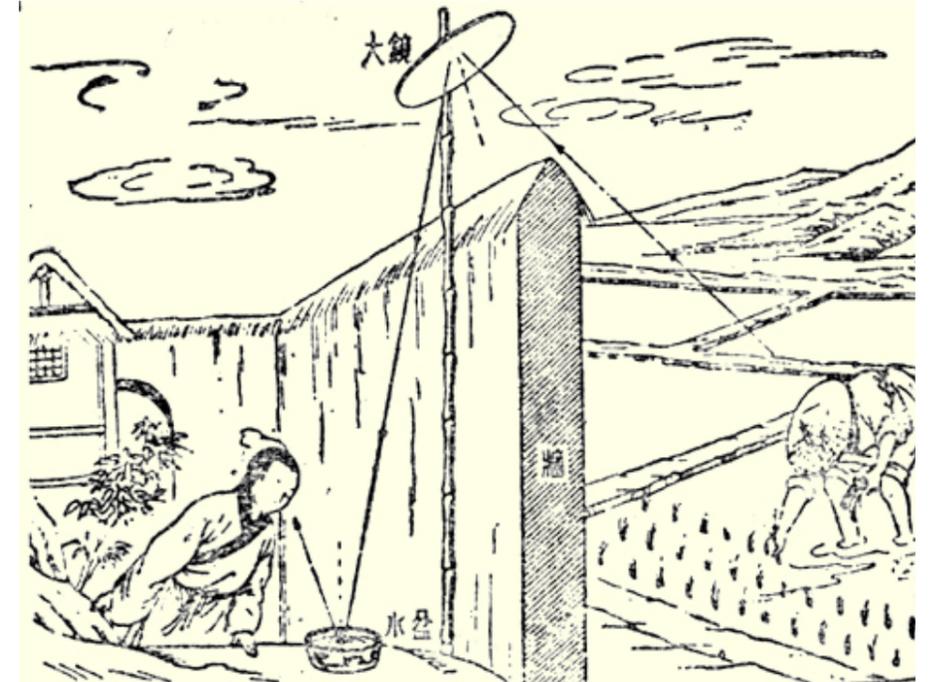
Para analizar la relevancia de estas aportaciones basta valorarlas con la perspectiva del desarrollo de la Óptica en Grecia. La teoría sobre la visión más antigua y aceptada fue la creencia pitagórica (siglo VI a.C.) de que los rayos eran emitidos por el ojo, se propagaban en línea recta hasta el objeto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

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

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

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

light2015blog.org



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

LA ÓPTICA EN LA DINASTÍA HAN

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

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

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

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

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

LENTE Y GAFAS

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

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

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

LA CAMERA OBSCURA Y EL ZOOTROPO

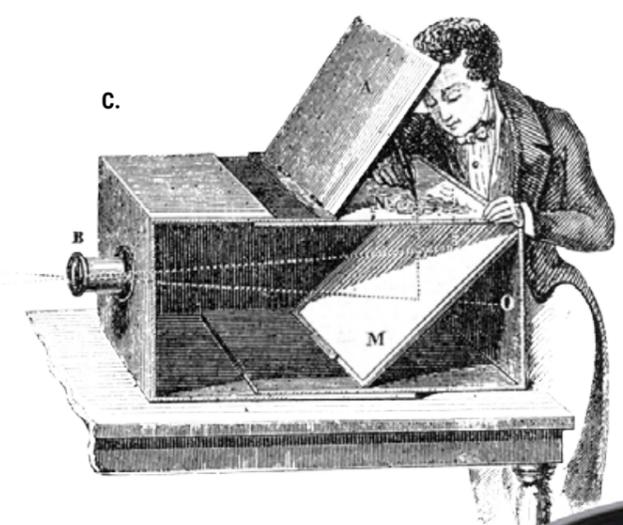
La primera mención de este tipo de dispositivo fue por el filósofo chino Mo-Zi (siglo V a.C.), que registró la creación de una imagen invertida formada por los rayos de luz que pasan a través de un orificio en una habitación a oscuras. Tras él grandes científicos como Aristóteles, Alhazen o Leonardo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

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

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

REFERENCIAS:

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



A) Lente de hielo.

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

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

D) Zootropo, precursor del cine y la animación.

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

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

.....

PUBLICACIONES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

.....

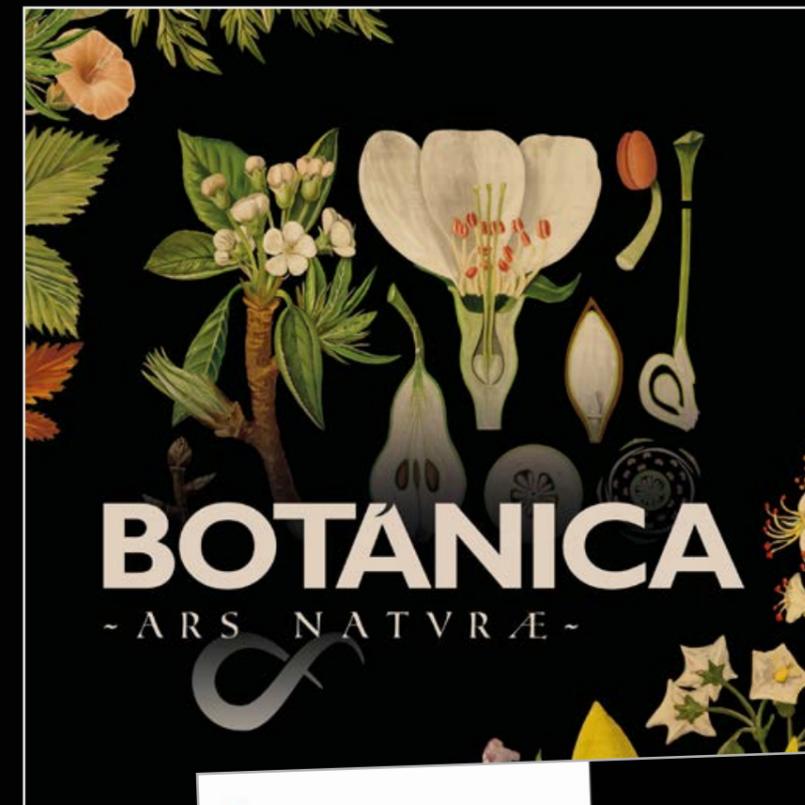


INSTRUMENTA

Depositorio de instrumentos históricos
Laboratorio de la Facultad de Ciencias,
Universidad de Zaragoza.



LOS ÁRBOLES DEL CAMPUS



BOTÁNICA

- ARS NATVRÆ -



Descárgatelas gratis



INSTRUMENTA

ciencias.unizar.es/sites/ciencias.unizar.es/files/users/fmlou/pdf/Proyeccion_social/instrumenta.pdf

LOS ÁRBOLES DEL CAMPUS

ciencias.unizar.es/sites/ciencias.unizar.es/files/users/fmlou/pdf/Proyeccion_social/los_arboles_del_campus.pdf

BOTÁNICA ARS NATURAE

ciencias.unizar.es/sites/ciencias.unizar.es/files/users/fmlou/pdf/Proyeccion_social/botanica_ars_naturae.pdf