

## APORTACIONES DE LAS CULTURAS SEMITAS A LA CIENCIA Y LA TÉCNICA EN EUROPA.

### 1. Introducción.

La cultura árabo-islámica representó la máxima expresión de la ciencia y el pensamiento humanos entre los siglos VIII y XIII porque supo adoptar y enriquecer el patrimonio intelectual que había dejado la civilización greco-romana, después que los califatos omeya y abasí incorporaran a buena parte del Imperio Bizantino dentro de sus fronteras geo-políticas. Pero hizo más. El Islam político asimiló también al mundo persa con más intensidad si cabe. Sus fronteras alcanzaron las de otras dos de las más altas civilizaciones humanas (India y China), al tiempo que también hollaba la puerta de atrás de otra cultura caída en desgracia, la del Imperio Romano de Occidente. Por conquista o vecindad, se encontró con el progreso científico, técnico y cultural de casi todo el mundo conocido. Pocas civilizaciones han conocido, al mismo tiempo, a tantas otras, y han estado en disposición mental de asimilar lo que éstas podían ofrecer. El Islam político fue intelectualmente humilde y supo reconocer lo que le faltaba. Mucho más tarde, todo el caudal de conocimientos adquirido fue decisivo para la formación de la civilización europea moderna, que encontró en el mundo árabo-islámico una parte de su pasado intelectual que había olvidado, más otras aportaciones lejanas que también supo aprovechar. La ciencia y las técnicas árabo-islámicas, pues, no deben ser entendidas como un mero paréntesis entre Alejandría y el pre-renacimiento, sino como una etapa de expansión y florecimiento en el curso de la evolución de un fondo filosófico, científico y técnico de valor universal que constituye el núcleo generador de nuestra manera de ver y comprender el mundo. Los judíos, un gran número de los cuales quedó dentro de los dominios políticos del Islam, colaboraron en este progreso del cual fueron parte desde sus inicios, y escribieron en árabe sus tratados científicos, junto con muchos sabios cristianos, durante largo tiempo. Más adelante, cuando el Islam político refluyó y la Europa cristiana se interesó por la ciencia y el pensamiento del adversario, los judíos fueron sus principales interlocutores con el saber anhelado. En este momento, y mientras ayudaban a traducir tratados árabes al latín, los judíos empezaron a escribir y traducir ciencia y pensamiento en su lengua litúrgica, el hebreo.

A la hora de considerar la transmisión del conocimiento científico y técnico, hemos de plantear la existencia de dos tipos de saber igualmente relevantes. Uno, normalmente vehiculado por el texto escrito que consiste en el corpus teórico del pensamiento y las ciencias de raíz clásica; otro, empírico, aplicado a solventar los problemas de la vida y el tráfico humanos, compuesto por una larga serie de inventos y descubrimientos. Los veremos por separado a continuación.

### 2. La transmisión del saber escrito.

Esta se produjo mediante la traducción, normalmente al latín, de los tratados que antes se habían traducido al árabe y de las obras de los autores árabo-islámicos. Como es bien sabido, el principal foco de traducciones fue la Península Ibérica, en distintas zonas y etapas, pero también fueron puente de comunicación Sicilia y el Oriente Musulmán, en la época de las cruzadas. No nos detendremos en la historia de las traducciones, sino que sintetizaremos lo que aportaron.

#### 2.1. Ciencias exactas: matemáticas y astronomía.

La primera aportación que hay que tener en cuenta es nuestra actual numeración de posición nacida en la India, que supera la numeración con letras que usaban griegos y romanos. Hacia el 500 d. C. se tienen noticias entre los siríacos del cálculo que los hindúes efectúan con "nueve signos". Un poco más tarde, el astrólogo hindú Brahmagupta (598-665) establece reglas de cálculo que incluyen el cero, pieza maestra de este sistema de numeración de posición que todavía utilizamos, al permitir expresar todas las cifras y trabajar con ellas de una manera más fácil.

El mundo árabe conocerá dichas reglas hacia el siglo IX y se popularizarán entre los matemáticos mediante una obra aritmética de al-Jwārizmī (s. IX), una vez ésta sea traducida en España. Se conocerá como “Dixit Algorismi” y, por ello, no es de extrañar que, hoy en día, palabras como guarismo o algoritmo lo recuerden. Gracias al descubrimiento de la matemática árabo-islámica se dispuso de un conocimiento más amplio y más completo de las fuentes esenciales de los griegos que, aun no siendo del todo desconocidas, habían tenido una difusión muy escasa hasta la fecha (vg. los *Elementos* de Euclides). Ello permitirá desarrollar la aritmética y la geometría y profundizar en terrenos complejos. Se conoció el álgebra (término de origen árabe, *ʔabr*, que indica la reducción de una fractura, ya que lo que hacemos es recomponer una ecuación). El álgebra árabe nace de la síntesis del álgebra griega (muy relacionada con la geometría) y la hindú. Por lo tanto, es una especialidad que, tal como la conocemos hoy, fue fundada por los árabes y uno de sus padres fue, precisamente al-Jwārizmī, autor de un libro de que popularizará esta terminología: *Kitāb al-ʔabr wa-l-muqābala* (“libro de la reducción y el cambio”). Los árabes crearon la trigonometría que conocemos para el desarrollo del cálculo astronómico, mejorando la trigonometría griega, incorporando de los hindúes las funciones seno, coseno y seno verso, e inventando la tangente y la cotangente. Así pasamos a la astronomía, una de las ciencias más y mejor cultivadas por los árabes. El paradigma de esta ciencia se contenía en el *Almagesto* de Ptolomeo (astrónomo alejandrino del siglo II d.C.), en el cual su autor había conseguido describir matemáticamente los movimientos erráticos de los planetas, el sol y la luna, de un modo relativamente preciso que permitía, además, poder predecir sus movimientos futuros.

Los astrónomos árabo-islámicos perfeccionaron la astronomía ptolemaica refinando la descripción matemática y los instrumentos astronómicos que se utilizaban, sobre todo, para el cálculo, ya que las observaciones se hacían con el ojo desnudo. Así, los astrónomos árabo-islámicos inventaron los instrumentos universales en al-Andalus, efectuaron muchas observaciones, calcularon cientos de tablas de movimientos planetarios, algunas de las cuales después utilizaron los astrónomos europeos. Llegaron a formular modelos astronómicos alternativos a los de Ptolomeo que iban a ser muy importantes para el futuro. Los astrónomos y filósofos andalusíes del XII criticaban a Ptolomeo (Averroes, al-Biḍrūʔī) porque contemplaba movimientos no geocéntricos que contradecían la física aristotélica y sus discusiones y alternativas fueron conocidas por los astrónomos europeos bajomedievales y renacentistas. Por otra parte, el sistema ptolemaico era muy complicado y muchos astrónomos árabes, sin plantear reformas de fondo como las que acabamos de ver, se aplicaron a mejorarlos. Los resultados más felices se dieron entre los astrónomos de Siria y de Marʔgha (actual Azerbaiján) en los siglos XIII y XIV, que inventaron soluciones geométricas que llegaron, por intermediación bizantina, a Copérnico, el cual dio la vuelta de tuerca definitiva al darse cuenta que un universo heliocéntrico mejoraba notablemente los modelos y lo hacía más eficientes. En este sentido, podemos decir que Copérnico bebió de las tres grandes tradiciones astronómicas árabes: la sirio-bagdadí de los siglos VIII-X (al-Battānī), la andalusí del XI (Azarquiel) y la de Marʔgha antes indicada.

También es muy importante la contribución árabe a la geografía matemática, pero de ella hablaremos al final de estas páginas.

## 2.2. La medicina y las ciencias naturales.

También los textos en árabe lo aportaron casi todo: los autores clásicos, sobre todo Galeno, se conocieron porque fueron traducidos al latín a partir del árabe; por otra parte, se tradujeron los grandes manuales que los más importantes médicos árabo-islámicos habían confeccionado para sistematizar y enriquecer la tradición de la medicina hipocrático-galénica. No es de extrañar, pues, que muchos de los autores más importantes sean conocidos entre nosotros con su nombre latinizado: Abulcasis, Averroes, Avenzoar, Avicena, Ioannithius, Rhazes, etc. De hecho, la primera gran escuela médica europea, Salerno, florece porque un converso, Constantino el Africano, introduce la pujante medicina que se estudiaba en la vecina Túnez. De esta época tan lejana ya datan arabismos médicos que han llegado hasta nuestros días como *dura mater*, *umm ʔaf* y *pia mater*, *umm raq*.

Gracias a esta influencia, los europeos empiezan a contemplar a la medicina como una ciencia y no como una mera colección de remedios que prescribe más o menos fundadamente un práctico como el hermano boticario de los monasterios. Con la oleada de textos que llegan gracias a las traducciones hispánicas del siglo XII, Europa dispondrá de los manuales más importantes con los que impartir clase en las universidades y, por otra parte, empezar a debatir por su propia cuenta para empujar el avance científico. Como dato curioso, debemos tener en cuenta que el *Canon* de Avicena, el manual más importante de la medicina árabo-islámica, sólo deja de exigirse en la universidad de Montpellier en el año 1567 y que, hasta el año 1607, se dan lecciones utilizando dicho tratado. La recepción, en la segunda mitad del siglo XIII, del *Colliget* de Averroes (en árabe, *Kitāb al-Kulliyāt fi l-Ḍibb*, “libro de las generalidades sobre medicina”) influyó el progreso médico poderosamente en los médicos europeos. Averroes hizo con la medicina lo mismo que con la astronomía: criticó al maestro, en este caso Galeno, porque no siempre se compadecía bien con el maestro de maestros, Aristóteles. Uno de los resultados de este planteamiento fue elevar el estatuto de la praxis, lo cual le da una cierta autonomía de la teoría de los manuales. La realidad y la experiencia médica cotidiana pasarán a ser objeto y fuente de ciencia, por lo que esta última se encamina hacia la superación de la herencia recibida gracias al pensamiento crítico. Hacia el final de la Edad Media, la medicina árabo-islámica dejará de su posición hegemónica debido al progreso europeo, pero todavía se producen descubrimientos importantes que implican una crítica al sistema hipocrático-galénico. Un médico damasceno del siglo XIII, Ibn al-Nafīs, que descubre, mucho antes que Miguel Servet, la circulación pulmonar de la sangre, la llamada circulación menor. Es posible que Europa haya tenido noticia de este hallazgo ya que un médico veneciano del Renacimiento, Andrea Alpago (m. 1522), que había estudiado en Damasco, puede haberla transmitido.

La contribución árabo-islámica es esencial en ciencias que, como la biología y la física, dependen de la transmisión de la obra de Aristóteles y otros autores griegos a partir de las traducciones y los comentarios de los árabes. En dos terrenos la contribución árabe es aún más importante, en la medida en que las fuentes clásicas son menos importantes. Este es el caso de la alquimia, de la cual Europa tiene noticia a partir del siglo XII, gracias a las traducciones de alquimistas árabes (por ejemplo, el célebre Geber/جابر بن حیان, que va a ser, junto a Avicena, el autor de referencia) cuyas obras estarán vigentes casi hasta el nacimiento de la química moderna en el siglo XVIII. El segundo ámbito es el de las ciencias agronómicas, particularmente desarrolladas en al-Andalus. Allí, entre los siglos XI y XII y Toledo y Sevilla, se refunda la disciplina. Los geóponos andalusíes disponen de un buen caudal de fuentes (bizantinas, romanas, islámicas) más una larga experiencia práctica, y, sobre lo recibido operan una original sistematización que consiste en adoptar las categorías de la medicina hipocrático-galénica, tratando así a la tierra como si fuera el cuerpo humano. Un tratado de Ibn Wafīd (s. XI), será objeto de una traducción alfonsí que influirá hasta el Renacimiento. Mucho más tarde, dentro del reformismo ilustrado, se traducirá al castellano a principios del XIX la obra magna de la geonía andalusí, el *Libro de la agricultura* de Ibn al-Bawwān, con la aspiración de que sirva para mejorar las técnicas de cultivo. A finales del siglo XIX, se hará una versión francesa con el fin de que los agricultores franceses tengan un manual que les permita cultivar las tierras mediterráneas, en las que poseen escasa experiencia de cultivo, de sus posesiones argelinas.

### 3. La transmisión no escrita.

Al lado de la ciencia libresca, y siendo a menudo mucho más importante que ésta, encontramos un vasto mundo de innovaciones más complejas de tipo técnico e industrial, que no podemos documentar con precisión porque raramente dejan rastro escrito. Son, generalmente, realizaciones prácticas de hombres anónimos fruto de la lucha cotidiana por la supervivencia, que se transmiten por vía oral y, muchas veces, con extremado sigilo para que no se apoderen otros de un secreto produce ventajas de tipo económico o militar al que lo posee. El sector económico más importante, el agrícola, es un ámbito paradigmático de este tipo de transmisión. Al lado de los innumerables productos hoy habituales de nuestra alimentación y vestido habitual (arroz, azúcar, algodón, espinaca, berenjena, alcachofa, algarroba, azafrán, chirivía, sandía, melón, albaricoque, limón, naranja amarga y café, de más reciente incorporación), hay que considerar las mejoras en técnicas hidráulicas y de riego introducidas por los árabes fruto de su contacto con civilizaciones hidráulicas de Oriente Medio.

Estamos hablando de la aceña (rueda horizontal movida por un animal para extraer agua), que tendrá un gran futuro en América, donde las condiciones hídricas son en muchos lugares similares a las de la cuenca del Mediterráneo; el *'ūdūf*, un aparato de palanca (un cigüeñal provisto de un contrapeso) de origen romano, que funciona accionado por una persona y aún se utilizaba modernamente en Egipto, conocido en Flandes y Alemania en el siglo XIV, quizá por mediación árabe; la técnica de captación de agua del *qanāt* o minas, consistente en galerías subterráneas provistas de pozos de ventilación que llegan hasta la capa freática para transportar el agua hasta la superficie. Esta técnica proviene de Oriente Medio, donde sigue usándose en algunos sitios, y, además de estar documentada en la Península, abunda en la Europa Central, aunque en este caso se suele hablar de invención paralela más que de transmisión. También se deben a los árabes algunas tecnologías menores como ciertos arreos de las bestias, que permiten aprovechar mejor la fuerza de las mismas, así como algunos tipos de redes de pesca. La importancia que adquieren, a partir de las recomendaciones dietéticas de los médicos, las bebidas frías, lleva a crear una red de almacenamiento de nieves y hielos para fabricar sorbetes, palabra derivada del árabe *'arab*, que hoy vemos reflejada en muchas lenguas europeas. En la tecnología pesada que acompaña el campo pero que también tiene uso industrial los árabes también introdujeron avances. El molino hidráulico, aunque ya conocido y extendido durante el Bajo Imperio Romano, estaba muy difundido en al-Andalus, de donde parece haberse reintroducido en la Europa cristiana, particularmente el molino de rueda vertical, más grande y potente y muy adecuado para la industria textil y del papel. Un caso similar es el del molino de viento, quizá de origen centroasiático, que está bien documentado literariamente tanto en el Oriente como en el Occidente musulmanes. Desde al-Andalus, en la cual hay citas literarias del molino de viento que datan del siglo XI, parece haberse extendido al resto de Europa, donde los testimonios son más tardíos.

En el limitado sector industrial medieval encontramos aportaciones significativas. La más importante acaso sea la industria papelera, nacida en China, que ya se halla en al-Andalus entre los siglos IX y X. A mediados del siglo XII está documentada en Játiva una fábrica de papel y, a partir del siglo XIII, empieza a extenderse su uso entre los pueblos cristianos: en Italia (Fabriano, Ancona), en 1268; Francia (Troyes) 1348; Alemania (Nuremberg), 1390. La industria de la seda, también de origen chino, llega antes a al-Andalus que a ningún otro sitio, aparentemente por vía de Bizancio, donde ya en tiempos de Justiniano se habían conseguido algunos ejemplares de *bombix mori*, el hoy familiar gusano de la seda. La difusión por Europa no parece provenir de al-Andalus sino de la vía bizantina: Roger II, el rey normando de Sicilia, en 1146, habría trasladado obreros de Corinto a Palermo; Venecia la conoció con la IV Cruzada (principio del siglo XIII) y, a partir de ahí, se habría extendido hacia el resto de Europa. También provendría del mundo árabe el redescubrimiento de la cerámica con reflejos metálicos o vidriada, que hoy pervive en la Península Ibérica y que llegó a Alemania a finales del siglo XV procedente de la misma. La pólvora inventada por los chinos, se conoce en Europa en el siglo XIII, pues Roger Bacon y San Alberto Magno la mencionan, quizá como eco de su uso militar por parte de los chinos contra los mongoles a principios de este siglo. Pero la primera documentación de su uso militar en Occidente, en este caso, al-Andalus, en una especie de primitivo cañón, data del año 1324, cuando el rey de Granada Ismaḥīl, la utiliza en Huéscar contra los cristianos. Los granadinos la vuelven a utilizar en 1343. Entre ambas fechas aparece documentada en Francia (1338) y en Italia en 1358. Por lo tanto, todo parece indicar que el uso concreto de la pólvora en la guerra se difunde desde la España musulmana a través de la cristiana, en una época en que circulan muchos soldados a sueldo europeos.

El tercer sector económico más importante, el transporte, también conoce los avances introducidos por los árabes. Un caso aparentemente menor, pero importante, es el uso de palomas mensajeras. Pero en la navegación es donde registramos los avances más relevantes. Los árabes también son un pueblo marino y, además, estuvieron en contacto con muchas otras civilizaciones marítimas, de las que incorporaron distintos elementos. Son los primeros que utilizan la vela latina triangular, frente a la cuadrada de los griegos y romanos; la latina, mucho más manejable, permite aprovechar el viento que sopla en distintas direcciones, mientras que la cuadrada sólo permite funcionar con viento de popa. Fueron pioneros en el timón de codaste inventado por los chinos, que reemplaza de un modo generalizado al timón de dos remos a partir del siglo XIII y está documentado entre los árabes ya en el siglo XII. Utilizaron la brújula, quizá también de origen chino, mucho antes que los europeos (siglo IX o X frente a XIII).

Finalmente, influyeron decisivamente en el nacimiento de la cartografía náutica, en la cual confluyen distintas tradiciones. La existencia del derrotero, es decir, el libro o cuaderno que contiene unos rumbos previamente trazados, está documentado ya en el geógrafo al-Maqdīsī (s.IX). Por lo tanto, las cartas náuticas y portulanos del Mediterráneo, que aparecen durante el siglo XIII en la zona cristiana, especialmente en las ciudades italianas, pueden, muy posiblemente haber tenido un modelo árabe. En la elaboración de cartas náuticas confluyen muchos elementos. Uno de ellos es la de la geografía matemática griega, disciplina que se ocupa de la representación fiel de la superficie terrestre y, por lo tanto, del conocimiento de sus medidas. Sus técnicas son muy parecidas a las de la astronomía, por lo que su cultivo se desarrolló en paralelo a esta segunda materia entre los árabes. Los astrónomos de Bagdad del siglo IX determinaron con mayor exactitud la medida exacta del meridiano terrestre. Ello les llevó a establecer que un grado del meridiano terrestre equivalía a 56 millas y dos tercios, lo cual empequeñecía, para adaptarlas mejor a la realidad, las dimensiones de la Tierra. Este conocimiento, a través de una obra del astrónomo al-Farghānī traducida al latín, llega a Colón, quien sabe, y comprueba navegando de Lisboa hacia el sur de Guinea, que las Indias están más cerca de lo que usualmente se cree. El ya citado al-Jwārizmī, además, redujo unos 10 grados la longitud atribuida por Ptolomeo al Mediterráneo, lo cual fue todavía mejor afinado por los astrónomos andalusíes. En Persia, ya en el siglo XIV, se hicieron mapas que contenían redes de coordenadas, inventados en China por el geógrafo Chu-Su-Pen hacia principios del mismo siglo.