

# Mecánica andalusí:

otra faz de nuestra historia secreta

Carlos Eduardo Sierra C.



Averroes y Porfirio

## El Medioevo no fue una edad oscura

**L**a investigación de la historia de la ciencia en el mundo hispano, incluida su dimensión educativa, precisa fuentes que trasciendan la literatura oficial y oficiosa si buscamos comprender las causas de nuestras crisis, las cuales pueden expresarse, entre otras, mediante frases lapidarias como éstas: “Países con investigación, pero sin ciencia”, de autoría de Marcelino Cereijido; o “feudalismos de alta tecnología”, de Heinz Dieterich. Hasta donde cabe decir, esta labor está casi toda por hacerse. Por ejemplo, no existe una ciencia de la universidad en el mundo hispano, merced a la cual dicha institución se piense a sí misma. Ahora bien, la historia de la ciencia y la educación en dicho mundo es una historia secreta, oculta, al extremo que abundan los casos de hemianopsia, entendidos como episodios desconocidos o mal comprendidos. Un ejemplo palmario de esto es el período de esplendor cultural y científico andalusí, que se extendió a lo largo de tres centurias.

¿Cómo comenzó el fascinante fenómeno de la ciencia andalusí? Remontémonos al año 711. Los musulmanes invadieron España aprovechando una situación de guerra civil: las luchas dinásticas entre los partidarios de don Rodrigo y los hijos de Witiza. Los cristianos quedaron arrinconados tras la cordillera Cantábrica. Transcurridos cuatro o cinco años, los musulimes tenían controlado casi todo el territorio y cambió el nombre del país. Para los siguientes ocho siglos, la España musulmana pasó a llamarse al-Andalus, denominación que significa algo así como “lo que es muy lindo”, reflejo de la fascinación que los hijos del Profeta sintieron por aquel territorio. Desde el punto de vista de las inmigraciones, tres fueron las oleadas invasoras: Omeyyas, Almorávides y Almohades. En cuanto a la organización política, se sucedieron el emirato, el califato, los reinos de taifas y el reino Nazarí de Granada. De éstos, los tres primeros corresponden a la época de esplendor cultural y científico; el último, a la decadencia inevitable, en especial tras la derrota musulmana en la Batalla de las Navas de Tolosa en el año 1212. De esta suerte, estamos hablando de tres siglos de esplendor cultural y científico andalusí, incluido un Siglo de Oro, el período comprendido entre 1031 y 1086, en la época taifa. De facto, ha sido nuestra mejor época de

desarrollo científico. Y no hemos tenido un período comparable desde entonces.

Así las cosas, hay dos escenarios en la España medieval: una parte cristiana, con el latín como idioma tras la caída del imperio romano occidental, que contrastaba con el esplendor de al-Andalus, una civilización sofisticada con el árabe como *lingua franca*. De facto, Córdoba llegó a ser la capital cultural de Europa por entonces. Sobre la sofisticación del mundo islámico, no perdamos de vista cierto juicio de Gotthard Strohmaier, quien enseña en el Seminario de Semíticas y Arabismo de la Universidad Libre de Berlín:

Si hace mil años hubiera existido un premio Nobel, se habría otorgado, sin la menor duda, a toda una constelación de científicos musulmanes. Durante esa época Europa vivía aún bajo la influencia de la herencia cultural de Roma, y no eran precisamente las exigencias científicas las que correspondían a sus intereses. Muy al contrario, en el Oriente islámico, se había formado un clima intelectual que no sólo permitía el estudio de los fenómenos naturales, de las matemáticas y de la medicina, sino que incluso lo promovía.

Ahora bien, no fue una ciencia en el sentido actual, nacida con personajes como Alberto Magno y Guillermo de Occam, cuestión aclarada por Oswald Spengler: “Con la misma audacia y la misma hambre de poder y de botín espirituales, los frailes nórdicos de los siglos XIII y XIV penetran en el mundo de los problemas técnico-físicos. Aquí no hay nada de esa curiosidad ociosa y extraña a la acción que caracteriza a los sabios chinos, indios, antiguos y árabes”. En otras palabras, los sabios musulimes buscaban comprender la naturaleza, no conquistarla.

Podemos apreciar el contraste entre la sofisticada ciencia islámica y su contraparte cristiana gracias a cierta anécdota acerca del papa Silvestre II, contada por Paul Tabori, quien desde sus años mozos estudió la ciencia musulmana, sobre todo por los nexos que mantenía con el mundo científico hispanoárabe. En todo caso, siendo ya papa, no faltaron los cronistas que difundieron ciertas murmuraciones y acusaron de brujería a Silvestre II, un hombre que, en el siglo X, estaba convencido de la redondez de la Tierra y que diseñó un globo en el que aparecía el Círculo

Polar y el Trópico de Cáncer. En concreto, según el rumor de marras, este gran prelado trataba de invocar los espíritus demoníacos de... Paralelogramo y Dodecaedro. Es más, cronistas posteriores aseveraban que dicho papa mantenía en su corte a un dragón que devoraba a diario a seis mil personas. En fin, como se ve, contra la estupidez humana, los propios dioses luchan en vano.

Además, es menester no pasar por alto cierta cautela epistemológica al abordar la historia de la ciencia en el mundo islámico. En concreto, existe un mito atrevido, que Syed Nomanul Haq, profesor visitante de lenguas y civilizaciones del cercano Oriente en la Universidad de Pennsylvania, expresa así: “La cultura islámica medieval era hostil a la ciencia”. Nada más lejos de la verdad. Por desgracia, como él advierte en un artículo reciente incluido en un volumen publicado por la *International Union of the History and Philosophy of Science*, ciertos autores han contribuido a la consolidación de tal mito, como Ignaz Goldziher, Rodney Stark y Steven Weinberg.

En todo caso, en el Islam Oriental, centrado en Bagdad, estaba la Casa de la Sabiduría, fundada en calidad de organismo administrativo y biblioteca a comienzos de la era abasida. Durante siglos, fue un centro imperial para el fomento de la actividad científica, dada la ambición de los abasidas de rivalizar con la gloria del conquistado imperio persa. Fue un entorno en el cual se dio todo un movimiento de traducciones, merced al cual se vertieron al árabe textos sánscritos y persas, en primer lugar, y luego, con mayor extensión, textos griegos. Esto demostró, por vez primera en la historia, de acuerdo con el historiador Dimitri Gutas, que el pensamiento filosófico y científico es un hecho internacional, no limitado a una lengua o cultura particular, lo cual tuvo un impacto comparable a lo sucedido en la Atenas de Pericles, la Italia renacentista y la revolución científica de los siglos XVI y XVII. Por otro lado, Iván Illich, con motivo de su primorosa investigación sobre la historia de la lectura en el Medioevo, en especial sobre la revolu-

Noria



ción respectiva del siglo XII, hace caer en la cuenta de las dificultades que enfrentaban los traductores cristianos de aquellos tiempos, pues, como advierte Nomanul, la traducción es un acto creativo al implicar una selección, una interpretación, una reconfiguración y una transformación. En general, estamos hablando de una civilización que estuvo a la cabeza en asuntos científicos al menos desde el año 800 hasta el 1300, mientras la ciencia en el Occidente latino estaba a la zaga. De esta suerte, conviene superar la visión eurocentrista de la historia de la ciencia y la tecnología.

El origen de este mito parece estar en Ignaz Goldziher, un erudito arabista de las primeras décadas del siglo XX, cuyas ideas, como destaca Nomanul, son poco coherentes en lo histórico, aunque convenientes en lo ideológico, ideas que llegaron hasta Steven Weinberg, quien afirma que, en el siglo XII, “el Islam se volvió contra la ciencia” gracias a la influencia retrógrada del filósofo Abu Hamid al-Ghazzālī. Pero hay problemas flagrantes en esta explicación. En palabras de Nomanul:

Incluso Goldziher concede que Ghazzālī apoyaba el estudio de la lógica y las matemáticas, pero no destaca que el supuestamente anticientífico místico sufí también fomentaba el estudio de la anatomía y la medicina, que lamentaba que los musulmanes no hacían lo suficiente en estos campos, y que él mismo escribió sobre anatomía. En efecto, la historiadora oxoniense Emily Savage-Smith sostiene que los escritos de Ghazzālī fueron un estímulo poderoso para el avance de las ciencias médicas.

Y hay más al respecto. Después de todo, fue una ciencia que brilló en campos como la astronomía, la medicina, la alquimia, la física, las matemáticas, la lógica, la agronomía, la ingeniería, etc. Para muestra un botón: mientras la ley de la refracción de la luz recibe el nombre de “ley de Descartes” en Francia, y los anglosajones la llaman “ley de Snell”, el verdadero descubridor de la misma fue Ibn Sahl en el siglo X.

Empero, como sostiene con tino Nicolás García Tapia, investigador conspicuo de la historia de la ciencia y la tecnología en el mundo hispano, antes de polemizar sobre algunos temas es menester estudiarlos en profundidad. Steven Weinberg, si bien muy brillante como físico, deja qué desear en materia de historia de la ciencia y la tecnología. En lugar de basarse en Ignaz Goldziher, Weinberg debería

remitirse a George Sarton, el padre de la historia de la ciencia por antonomasia, pues, como señala Jorge Alberto Naranjo Mesa, Sarton cuestionó con dureza la tendencia a considerar las ciencias como un logro exclusivamente occidental, indoeuropeo, viendo en ello un problema de racismo insoslayable. Las fuentes deben ser fiables si tal historia debe evitar lo ideológico.

### **La ingeniería mecánica andalusí**

En la historia de la tecnología, suele decirse que los árabes son los herederos de los mecánicos griegos, cuyo epítome fue Ibn al-Razzaz al-Jazari, nacido en Mesopotamia a mediados del siglo XII y considerado como el mayor ingeniero del Medioevo, hecho patente en el tratado que dejó: *Al-jami' bayn al-'ilm wa l-'amal al-nafi' fi sina'at al-hiyal*, que traduce como *Tratado de la teoría y la práctica de las artes mecánicas*, considerado por Donald Hill, su principal biógrafo, como el mayor de los monumentos descuidados de los técnicos musulimes. Ahora bien, al-Jazari es representativo de la ingeniería del Islam Oriental. Pero nuestro foco de interés es la ingeniería del Islam Occidental, sito en al-Andalus y que rivalizaba con Bagdad. Siguiendo a David King, estamos hablando de una forma de técnica refinada en la civilización árabe.

En lo que a al-Andalus atañe, sus ingenieros idearon mecanismos de lujo. Por supuesto, no partieron de cero, sino que aprovecharon la infraestructura dejada por los romanos, sobre todo los acueductos y sifones. A mediados del siglo IX, un inventor, Abbās ibn Firnās, probó un precedente del ala delta, si bien acabó lastimándose. Luego, en la época taifa, Azarquiel, alarife de Toledo en su juventud, llegó a ser el astrónomo más importante de al-Andalus. Junto al río Tajo, construyó dos clepsidras que indicaban el día del mes lunar y señalaban la hora del día. En este período, se habla también de laúdes que tocaban solos y de cintas transportadoras para la conducción de alimentos y bebidas, al igual que de máquinas para subir o bajar las tuberías que llevaban el agua que hacía funcionar los molinos, lo cual permitía graduar la velocidad de la muela. Por otro lado, una circunstancia que ha facilitado la reconstrucción de ingenios andalusíes es el hecho de que los autores de tratados técnicos solían acompañar sus escritos con dibujos detallados y explicaciones cuidadosas. Asimismo, no faltaron los entusiastas de los móviles perpetuos.

Era tal el adelanto de la ingeniería mecánica andalusí, que cabe encontrar el precedente del mecanismo de biela-manivela, clave para el movimiento alternativo. De facto, la tecnología andalusí se propagó por toda Europa y, más adelante, por la América española. Sus alarifes procedían con un método admirable: en los casos complicados, empezaban trazando planos y construyendo maquetas de la obra que querían realizar. Eso sí, no se atrevían a adelantar presupuestos, por lo que el presupuesto real se conocía una vez concluida la obra. Ahora bien, no faltaban las diferencias con la ingeniería del Islam Oriental. Por ejemplo, en la terminología empleada. Para muestra un botón: la palabra usada en Oriente para designar la mecánica es *hiyal*, mientras que la correspondiente en al-Andalus es *handasa*. Del mismo modo ocurre con ciertos conceptos, como la forma de dar la hora en las clepsidras: en Oriente, la hora la da un ave que suelta de sus garras una bola metálica que golpea un címbalo, en tanto que en al-Andalus lo hace una muchacha que la suelta de su boca.

No obstante, la distinción entre las dos tradiciones de la ingeniería mecánica islámica llega más lejos. Sobre esto, Julio Samsó señala que la tradición islámica occidental continuará, más adelante, en el Norte de África y Europa, y estará caracterizada por el empleo de grandes máquinas con poderosas fuerzas motrices y una cierta rudeza en los mecanismos, como el uso de cuerdas gruesas en vez de cordones, de ruedas de hasta tres palmos de diámetro, de pesas de hasta tres kilos, etc., en contraste con la tradición oriental representada por al-Jazari y los Banu Musa, cuya característica fue el uso de mecanismos delicados y controles sutiles, hidráulicos y neumáticos.

En Santiago de Cali hay una bella muestra de la ingeniería islámica en el complejo religioso de San Francisco: la Torre Mudéjar, de 23 metros de altura, estimada por el historiador Santiago Sebastián como la más hermosa de América, cuyo origen es notable. Sobre esto, Miguel Bernal narra el romance del joven árabe y la niña cristiana. En 1750, un apuesto joven musulmán tuvo que abandonar su Arabia natal y se embarcó hacia las Indias Occidentales. En Santiago de Cali se enamoró de una bella niña, graciosa y esbelta, rubia y de ojos azules, quien le correspondió. Empero, su amor desató la ira de los padres de la niña cuando el joven pidió su mano, quienes ale-



Molino de Albolafia (Córdoba)



garon que, por no ser cristiano, no le concedían la mano de su hija, a quien privaron de la libertad e incomunicaron. Con todo, el joven volvió y le dijo al padre que estaba dispuesto a convertirse al catolicismo, medida de la que el padre desconfió por estimarla ligera y precipitada, así que lo puso a prueba. Le propuso que, por tener conocimientos de arquitectura, concluyera la construcción del templo de San Francisco. Desde luego, el joven aceptó, concluyó tal obra con presteza y realizó sus sueños.

En general, la presencia de la tecnología islámica en América es patente. Botón de muestra, en cuanto a la noria, la rueda hidráulica de tracción animal, Thomas Glick señala que hay, cuando menos, 143 topónimos que la mencionan tan sólo en México, como la calle La Noria de Acapulco. También figuran Norias en el condado de Kennedy, Texas, y Noria en Nuevo México.

Retornemos a al-Andalus. Al indagar acerca de las causas del florecimiento de la ciencia y la tecnología en el Islam Occidental, vemos que el apoyo de sus gobernantes fue esencial, en especial en lo concerniente a ‘Abd al-Rahmān II y su hijo, al-Hakam II. A éste, quien reinó entre 961 y 976, se le ha considerado como el gobernante más sabio del Islam. Su interés por la cultura quedó reflejado en el hecho de que reunió una biblioteca de 400.000 volúmenes, muchos de los cuales tenían anotaciones de su puño y letra.

La hidráulica recibió también una atención esmerada en al-Andalus, lo cual no debe sorprender debido a la necesidad de cuidar los recursos hídricos de una civilización que prosperó en tierras desérticas y semidesérticas, por lo que el ahorro de agua era esencial. En general, como señalan Antonio Malpica y Carmen Trillo, de la Universidad de Granada, la agricultura irrigada fue una aportación árabe al Mediterráneo occidental, al ser una opción económica, lo que significa que la hidráulica romana difería de la traída por los árabes, al punto que éstos no comprendieron la de aquéllos. Además, mientras los romanos hacían los canales de conducción con un gran aparato arquitectónico, creando acueductos, en al-Andalus lo típico era hacerlos pegados a la tierra. Incluso, desde antes del mundo árabe, estaban en uso pozos, balancines, norias, presas y *qanâts* (procedimiento para la captación de aguas, más elaborado que los simples pozos). En todo caso, uno de los principios de la hidráulica andalusí consistía

en que los espacios irrigados son decisiones sociales tomadas por grupos humanos, por lo que cabe afirmar que cada espacio se ha concebido y diseñado en su estructura fundamental desde un principio. En cuanto a la organización jurídica, amén de permitir el establecimiento de grupos segmentados, admitía la convivencia de ganadería y agricultura intensiva, a la vez que impedía la apropiación de extensiones amplias que siempre quedaban comunes. En todo caso, la agronomía andalusí permitió la introducción de nuevos cultivos, como el arroz, la caña de azúcar, el algodón, la naranja, la sandía, la berenjena, etc., cultivos que son familiares hoy en día.

La introducción de la tecnología hidráulica islámica en España no parece haber presentado dificultades, puesto que los árabes, según revela Thomas Glick, no introdujeron las norias en España desmontadas en piezas y transportadas a lomos de asnos: propiamente, lo que llevaron fue la idea de la fabricación y utilización de una noria. Asimismo, el conocimiento de la hidráulica andalusí no era exclusivo de los ingenieros; las investigaciones arqueológicas han demostrado la existencia de *qanâts* pequeños, y otros de menor tamaño, en casi todas partes, muchos de los cuales apenas constaban de unos cuantos pozos de ventilación, cuya construcción no precisaba ingenieros. Por su parte, los reyes de Aragón y de Castilla, respondiendo a un interés económico, aplicaron una política que consistía en obligar a los colonos cristianos a mantener intactos los sistemas de regadío musulmanes, con independencia del hecho de que quedaran o no musulmanes en el lugar. Esta medida perseguía facilitar la transición a los poblamientos cristianos y evitar la necesidad de inventar estructuras complejas de distribución del agua, considerando que las ideadas por los musulmanes eran excelentes.

Al hablar de la confluencia entre la mecánica y la hidráulica, no podemos pasar por alto lo atinente a la medida del tiempo, máxime que, sin la aparición del reloj mecánico, no habría surgido el capitalismo industrial actual, hecho que puede pasar inadvertido para nosotros, aunque llevemos a diario un pequeño reloj de la torre en la muñeca, sincronizado con un amplio colectivo social, sin lo cual sería imposible relacionarnos con éste. Precisamente, como se dijo antes, al-Jazari fue el máximo exponente de la tecnología islámica medieval y uno de los mayores



Capilla de la Inmaculada y Torre Mudéjar, San Francisco, Cali

ingenieros mecánicos de la historia. Sus relojes de agua tenían sistemas de regulación y automatismos variados, con bolas, pajarillos y puertas, lo que le permitía medir tanto las horas temporales como la progresión estacional de los signos del Zodíaco.

Considérese un ejemplo de un reloj andalusí, descrito en el *Kitāb-asrār fī natā'iy al-afkār* (*Libro de los secretos acerca de los pensamientos*), del ingeniero andalusí de la segunda mitad del siglo XI Ahmad o Muhammad ibn Jalaf al-Murādī, el Leonardo da Vinci islámico. Se lo conoce como la clepsidra de las gacelas. En la representación teatral correspondiente, dos muchachas salen de sus pabellones a un jardín. Luego, cuatro gacelas empiezan a beber y surge un esclavo del fondo de un pozo para espiarlas. Al momento, aparecen tres serpientes que asustan a los actores, quienes se esconden en los lu-

gares del comienzo. Para que funcione como reloj, la acción se repite cada hora. En su funcionamiento hay tres mecanismos: uno fundamental, otro secundario y un tercero de puesta a cero. Bajo la superficie, escondidas, hay tres balanzas de agua, las cuerdas, los tubos, válvulas, poleas, etc., que desencadenarán los movimientos de cada pieza. Según Juan Vernet, en el mecanismo fundamental, la pieza clave es la balanza, cuyos platillos cargan agua a fin de producir una serie de movimientos alternativos. Por su parte, el mecanismo secundario está basado en otra balanza. Su movimiento hace aparecer al esclavo negro y echa a andar la puesta a cero de la máquina, basada en una tercera balanza. Esto hace aparecer las tres serpientes, con el ocultamiento del esclavo negro y la huida de las esclavas, incluido el cierre de la puerta y el levantamiento de cabezas de las gacelas.

Por desgracia, la ciencia y la tecnología de al-Andalus no podían durar para siempre. El siglo *x* despejó mal para los andalusíes a causa de una guerra civil que duró más de veinte años. Tras ésta, disuelto el califato, surgieron los reinos de taifas, continuando el desangre, pese a lo cual prosiguió el desarrollo científico y tecnológico, gracias en parte al incremento de los impuestos sobre la población de esos reinos. De esa época, al-Waqqasí pasó a la posteridad como librepensador, sobre todo por un par de versos: “Me aflige pensar que las ciencias de la humanidad son dos y que, si las aprendo, no tengo más que aprender/ Una ciencia (la teología) cuya comprobación real es imposible y otra (la filosofía) cuya verdad de nada sirve”. Además, un amigo suyo, Said al-Andalusí, fue el autor de una historia de la ciencia digna de esa denominación.

Clepsidra de las gacelas



Conviene destacar que lo más importante de los ingenios andalusíes es la idea que dan sobre cómo podían ser las máquinas de la época y de cómo se podía transformar un movimiento circular en lineal y viceversa. A la sazón, se conocían las poleas, los polipastos, las palancas, los engranajes de cualquier número de dientes, o bien con dientes en sólo un sector de su circunferencia, como también las ruedas locas, los piñones y las cintas transportadoras, que a veces se bifurcaban. Se sabía producir movimientos de vaivén. Parte de estos artificios tiene sus precursores en el mundo helenístico, pero, a todas luces, los mecánicos andalusíes sacaron de éstos y de los de su propia invención el máximo partido posible. Además, es obvio que el mayor deseo del hombre era poder vivir sin trabajar, lo que implicaba la invención de los móviles perpetuos. Pero, en medio de esas fantasías, aparecen ingenios basados en principios científicos correctos, aunque irrealizables en su época. Posiblemente, fue en el siglo *x*, el Siglo de Oro de la ciencia andalusí, cuando se introdujeron en la Península los molinos de viento y los de marea y, tal vez, se fijaran, por parte de los emires de Valencia y Játiva, Mubarak y Muzaffar, las primeras normas jurídicas por las que se rige todavía el Tribunal de Aguas de Valencia.

En rigor, era inevitable el desarrollo científico y tecnológico en el Imperio Musulmán, que, hacia el año 750, se extendía desde los Pirineos hasta el Asia Central, por lo cual requería una infraestructura técnica adecuada. Baste pensar que Bagdad contaba con un millón y medio de habitantes en el siglo *x*, y que Córdoba, El Cairo y Samarkanda, si bien menores, no se quedaban atrás. En cambio, París sólo logró alcanzar las cien mil almas 400 años más tarde. Así las cosas, la alimentación y el vestido de los habitantes de las urbes islámicas demandaban mucho de la agricultura y las redes de distribución, dependientes de la tecnología para el aporte del agua de riego a los campos y la transformación de las cosechas en alimentos y vestidos. Incluso, es una tecnología con ciertas ventajas sobre la moderna, dependiente de los combustibles fósiles. Por ejemplo, en los países de Oriente Medio pobres en petróleo sigue vigente el uso de la maquinaria de siglos pasados, ya que, al menos, su eficiencia es comparable a la de las bombas diesel y no precisan combustibles importados, piezas de repuesto ni mano

de obra. Esto implica un ahorro valioso de tiempo, puesto que la pérdida de un día de funcionamiento puede dañar una cosecha, el funcionamiento fiable es cuestión de vida o muerte. Por tanto, la energía hidráulica era motivo de preocupación entre los ingenieros islámicos medievales. Sostiene Donald Hill que, siempre que hablaban de una corriente de agua, estimaban el número de molinos que podía abastecer. Así, tasaban las corrientes en unidades de “potencia de molino”.

La actividad científica y tecnológica decayó en al-Andalus una vez desaparecieron los reinos de taifas, esto es, durante la etapa nazarí, la cual llegó a su fin con la toma de Granada por parte de los ejércitos de los Reyes Católicos en enero de 1492. Poco después llegó el Siglo de Oro, que no fue tan espectacular si lo comparamos con los siglos de florecimiento de la ciencia y la cultura en la España musulmana, máxime que la ciencia cultivada durante el Siglo de Oro español fue una ciencia aplicada, no una fundamental. Por lo demás, es muy preocupante el conocimiento precario de la historia de la ciencia andalusí en los países hispanoparlantes, puesto que se trata de una historia clave a fin de complementar la prehistoria de la termodinámica y otras disciplinas, de suerte que superemos ciertos sesgos aún vigentes de marcada factura eurocentrista y racista, amén del hecho que aquella historia posee un valor inestimable a la hora de rastrear antecedentes históricos de la bioética global, en especial porque la ciencia islámica tuvo la preocupación por comprender la naturaleza, no su explotación con fines crematísticos de tres al cuarto. ■

---

Carlos Eduardo Sierra C. (Colombia)

Profesor Asociado de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia. Miembro de sociedades anglosajonas sobre historia de la ciencia y la tecnología, y autor de publicaciones sobre bioética e historia de la ciencia, la tecnología y la educación en medios de Colombia, Venezuela, México, Argentina, Estados Unidos, España y Gran Bretaña.

### Bibliografía

Báez Fernando. *Historia universal de la destrucción de libros: De las tablillas sumerias a la guerra de Irak*. Barcelona: Destino, 2004.

Bernal Marina. *Homenaje a la historia y cultura de Colombia*. Medellín: Pantex, 1972.

García Tapia Nicolás. “Ciencia y técnica en la España de los Austrias: Una visión desde la perspectiva de las investigaciones actuales”. En: *Cuadernos de historia moderna* N.º 15. Madrid: Editorial Complutense, 1994, pp. 199-209.

Glick Thomas. “La transmisión de las técnicas hidráulicas y de regadío del mundo islámico al mundo hispánico”. En: García-Arenal, M. (coord.). *Al-Andalus allende el Atlántico*. Granada: Unesco/El legado andalusí, 1997, pp. 222-233.

Guizal Brahim y Dudley John. “Ibn Sahl, descubridor de la ley de la refracción de la luz”. En: *Investigación y Ciencia* N.º 317, 2003, pp. 58-61.

Hill D.R. “Ingeniería mecánica del Islam medieval”. En: García Nicolás (ed.). *Historia de la técnica*. Barcelona: Prensa Científica, 1994, pp. 22-28.

Illich Iván. *En el viñedo del texto: etología de la lectura: un comentario al “Didascalicon” de Hugo de San Víctor*. México: Fondo de Cultura Económica, 2002.

Jacomy Bruno. *Historia de las técnicas*. Buenos Aires: Losada, 1992.

Junta de Castilla y León (s.f.). “Ciencia y técnica en las taifas”. En línea: <<http://www.arthistoria.jcyl.es/histespc/contextos/6121.htm>> [21 de enero de 2011].

King David A. “Una forma de técnica refinada en la civilización árabe”. En: Vitrac, B. et al. *Ciencia y cultura en la Edad Media*. Canarias: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2007, pp. 195-214.

López José María. *La ciencia en la historia hispánica*. Barcelona: Salvat, 1986.

Malpica Antonio y Carmen Trillo. “La hidráulica rural nazarí: análisis de una agricultura irrigada de origen andalusí”. En: *Asentamientos rurales y territorio en el Mediterráneo medieval*. Granada: Athos-Pergamos, 2002, pp. 221-261.

Naranjo Jorge. “George Sarton”. En: *Revista de Extensión Cultural de la Universidad Nacional de Colombia* N.º 52, 2007, pp. 49-60.

Nomanul Haq Syed. “Mito N.º 4: La cultura islámica medieval era hostil a la ciencia”. En: R.L. Numbers (ed.). *Galileo fue a la cárcel y otros mitos acerca de la ciencia y la religión*. España: Intervención Cultural/Biblioteca Buridán, 2009, pp. 47-53.

Samsó Julio. *Las ciencias de los antiguos en al-Andalus*. Madrid: Mapfre, 1992.

Santos José Luis. “Un grupo de expertos italianos ha logrado reconstruir digitalmente varios inventos del ingeniero andalusí Ibn Khalaf al Muradi a partir de un manuscrito del año 1000”. En línea: <<http://terraeantiquae.com/profiles/blogs/un-grupo-de-expertos-italianos>> [21 de enero de 2011].

Spengler Oswald. *El hombre y la técnica: contribución a una filosofía de la vida*. Santiago de Chile: Cultura, 1935.

Strohmaier Gotthard. “Al-Biruni, el sabio que Occidente ignoró”. En: *Investigación y Ciencia* N.º 301, 2001, pp. 76-83.

Tábori Paul. *Historia de la estupidez humana*. Buenos Aires: Siglo Veinte, 1995.

Vernet Juan. “Ingeniería mecánica del Islam Occidental”. En: *Investigación y Ciencia* N.º 201, 1993, pp. 46-50.