

Alhambra y Ciencia.

Reynaldo Fernández Manzano.
Director del Patronato de la Alhambra y Generalife.

Rectora Magnífica de la Universidad de Granada, Excm. Dra. Pilar Aranda; Exmo. Dr. Enrique Hita, Presidente de la Academia de las Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales de Granada; Exmo. Dr. Gonzalo Piédrola, Presidente del Instituto de Academias de Andalucía; Ilma. Dra. María del Carmen Carrión, Decana de la Facultad de Ciencias de Granada; Ilmo. Dr. Luis Fermín Capitán, Secretario de la Academia de Ciencias de Granada; Excmo. Sr. D. José Carrasco, Teniente General del MADOC; Excmas. e Ilmas. Autoridades, Ilmos. Académicos, profesores y amigos. En primer lugar quiero agradecer a la Academia de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales de Granada el honor que me ha concedido de pronunciar la conferencia inaugural del curso académico 2017, en la que daré algunas pinceladas sobre el paisaje y el estado de la cuestión de las investigaciones actuales e históricas sobre la Alhambra y la Ciencia.

La ciencia en el mundo árabe medieval tuvo un gran desarrollo. La Casa de la Sabiduría, Dār al-Hikma, realizó importantes traducciones del griego al árabe entre los siglos IX y XIII en Bagdad, siendo un centro de gran relevancia. A través de al-Andalus y del sur de Italia se va a producir el trasvase de conocimientos del mundo científico árabe a Europa, fundamentalmente en los siglos XII y XIII. Dan fe de ello palabras como álgebra, alambiques, atanores, carboyes (bombonas qarāba), alcalíes, alquitrán, alcohol, atincar, elixires, nafta, natrón, etc.

En al-Andalus fueron muchos los sabios que se dedicaron a la ciencia, como ha estudiado entre otros Juan Vernet¹.

Podemos mencionar, a modo de ejemplo, a 'Abbās Ibn Firnās, natural de Ronda (Málaga), en estrecho contacto con la corte de Córdoba, del siglo IX. Fue el primero en introducir en al-Andalus la talla del cristal de roca, inventó un ingenio volador individual 600 años antes que Leonardo de Vinci. Utilizó tablas astronómicas, construyó una máquina para medir el tiempo, un reloj anafórico con agua. Era una clepsidra con autómatas que regaló al emir Muhammad I, en la que inscribió unos versos en los que indicaba que el emir podía conocer las horas de la oración sin necesidad de guiarse por el sol o las estrellas. Astrólogo, alquimista, poeta y músico, construyó un planetario en la sala de su casa. Posiblemente Ibn Firnās fue el origen de una escuela mecánica andalusí.

Ibn Muad, cadí de Jaén (+ aproximadamente 1079), realiza un importante tratado de trigonometría esférica y por primera vez teoremas del seno, coseno, etc.

¹ VERNET, Juan: *La cultura hispanoárabe en Oriente y Occidente*, Barcelona, Seix Barral Hnos., S.A., 1978.

Maslamah al-Mayriti (+ 1008), nacido en Madrid, escribió: *Rutbat al-hakim*, acerca de la alquimia, que se puede comparar con los Setenta Tratados de Shabir Ibn Hayyan sobre esta materia.

Destacar entre los ingenios el horologio o reloj de la Alhambra, de mecha, cera y cintas con unas bolitas de cobre y unos poemas que liberaba uno cada hora, descrito por Ibn al-Jatib² y del que después nos ocuparemos.

Materiales:

Conglomerado Alhambra:

Cuarzo, minerales óxidos, antes tectosilicatos. SiO_2 . 70%.

Arcilla, filosilicatos, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, y **mica**, también filosilicatos, $\text{AC}_{2-3}\text{T}_4\text{X}_2$; 20%

Otros minerales 10%.



² FERNÁNDEZ PUERTAS, Antonio: *Alhambra, Muhammad V. El mawlid de 764/1362*, [en imprenta de pronta publicación] Granada, Editorial Almed, 2017, 326-328.

Tapial calicastro, conglomerado Alhambra enriquecido con **Cal**, CaO.

Obtención: $\text{CaCO}_3 + \text{calor} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$



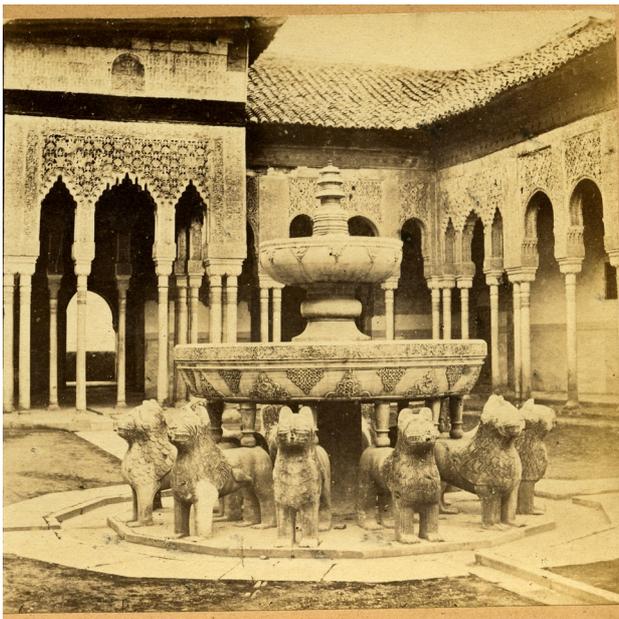
Tipos de tapial. El tapial consiste en verter en el interior de un encofrado de madera diversos materiales. Podemos distinguir diversos tipos: tapial real, de tierra, calicastro, hormigonado, y de calicanto o de cal y canto. Las tongadas, una vez apisonadas con un pisón, normalmente de madera, solían tener un grosor de unos 8 a 10 cm. Se cimentaban con manpostería.

Yeso. Aljez o piedra de yeso. Sulfato de Calcio dihidratado: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



Detalle del Oratorio del Partal. Rafael Contreras, 1861-65. Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.

Mármol: formado por metamorfismos de calizas, agregados ganoso-vítreos formados básicamente por carbonato de calcio CaCO_3 y trazas de carbonato de magnesio MgCO_3 . El **mármol blanco de Macael** presenta un 83% de calcita, 16% de dolomita, 1% de moscovita y cantidades menores de arcilla y opacos.



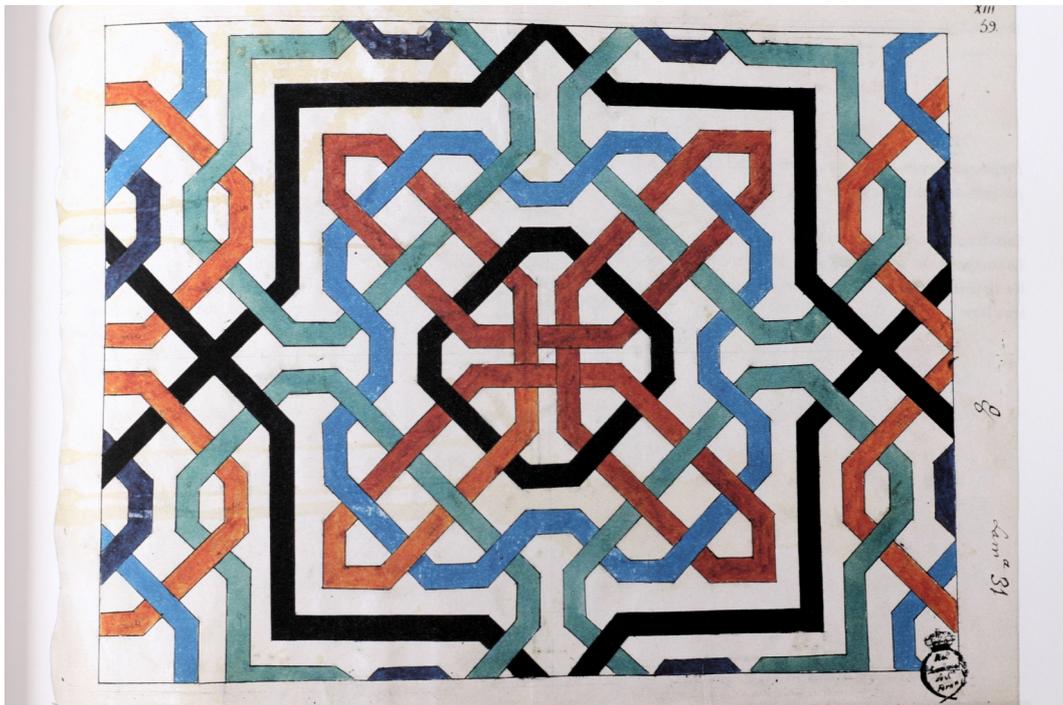
Fotografía: Gaudin.

Calizas: rocas calcáreas compuestas de carbonato de calcio (CaCO_3) calcita, magnesita (MgCO_3) y otros carbonatos y pequeñas cantidades de minerales: arcilla, hematita, siderita, cuarzo, etc. En el Palacio de Carlos V, y en el Pilar de Carlos V, entre otros lugares, procedentes de Sierra Elvira, se encuentran fósiles del Jurásico al Cuaternario. Del Jurásico (con fósiles de entre 146 y 200 millones de años), destacan los crinoides que son los más visibles. Tema que han estudiado los profesores Elvira Martín Suárez y Gonzalo Jiménez-Moreno, realizando interesantes actividades pedagógicas sobre los mismos.

Ladrillo: arcilla cocida a altas temperaturas (350°C), cerámica de forma ortoédrica.



Azulejos: barro, arcilla vidriada policroma.



Objetos de cerámica vidriada.

En las excavaciones de la zona conocida como “El Secano” -parte alta de la medina de la Alhambra- se han encontrado hornos de fabricación de cerámica vidriada al estaño, así como dorada con reflejos metálicos, que se exportaba a Europa.

Destaca el jarrón de las Gacelas, loza dorada, conservado en el Museo de la Alhambra.



Madera: En composición media se constituye de un 50 % de carbono (C), un 42 % de oxígeno (O), un 6 % de hidrógeno (H) y el 2 % restante de nitrógeno (N) y otros elementos.

Los componentes principales de la madera son la celulosa, un polisacárido que constituye alrededor de la mitad del material total, la lignina (aproximadamente un 25 %), que es un polímero resultante de la unión de varios ácidos y alcoholes fenilpropílicos y que proporciona dureza y protección, y la hemicelulosa (alrededor de un 25 %) cuya función es actuar como unión de las fibras. Existen otros componentes minoritarios como resinas, ceras, grasas y otras sustancias.

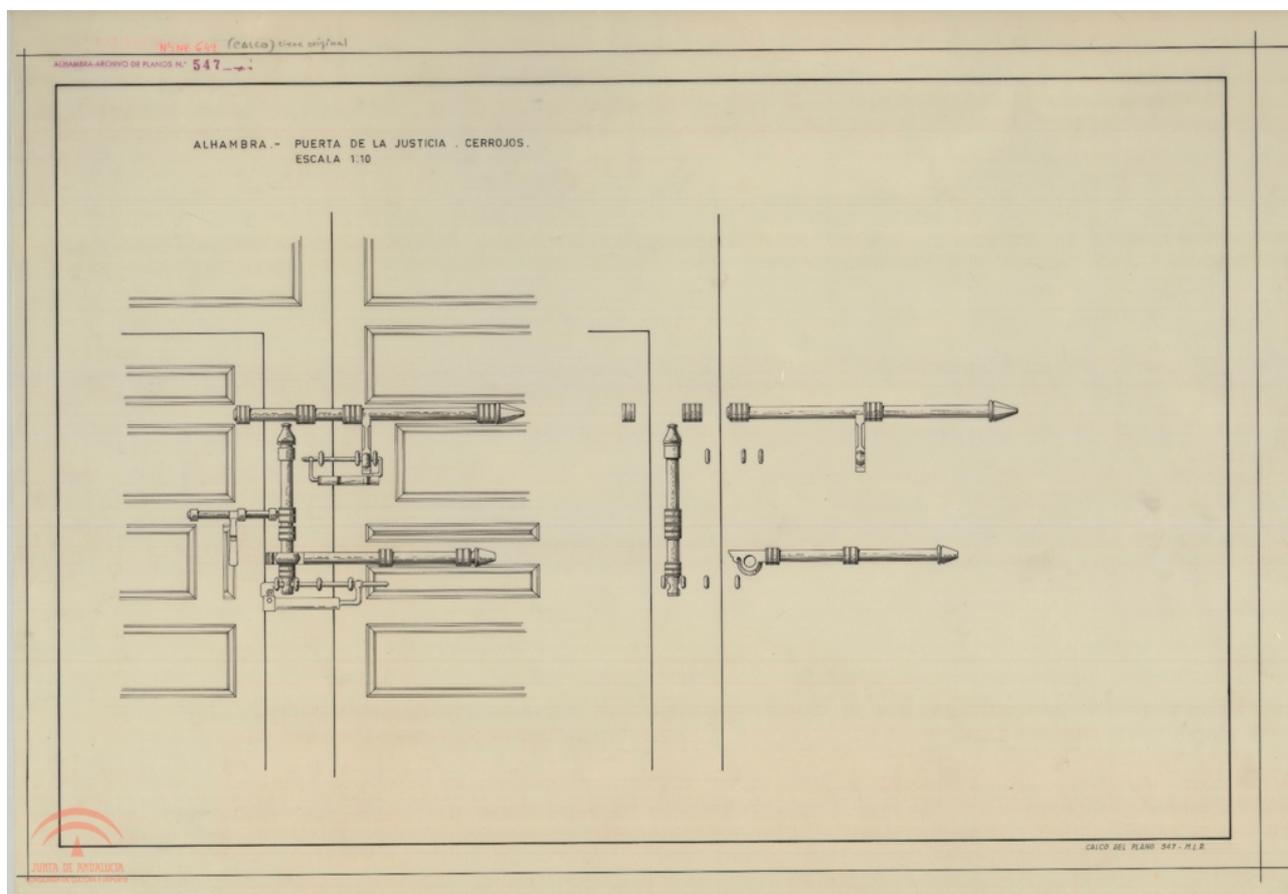


Carpintería de Lazo, Palacio del Partal. Enrique Nuere³.

³ NUERE, Enrique: “La carpintería de lo Blanco a través de la imagen”, *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la construcción*, Sevilla, 26-28 de octubre, 2000, vol. I. En internet: www.enrique.nuere.es/blog/?p=8

ALJAZAIRI LÓPEZ, Gloria: *Carpintería de lo blanco, teoría, traza y reproducción*, [Tesis doctoral], Granada, Editorial Universidad de Granada, 2010, <http://hdl.handle.net/10481/19667>

Hierro. Fe, utilizado en puertas, clavos, cerrojos, etc.



Piel. Las decoraciones geométricas y vegetales en piel de cinturones, adornos, etc., llegaron a tener fama internacional llamándose *cordobanes*, técnica de repujado de la piel con herramientas como trazadores, modeladores o mateadores.

La piel también será el soporte de las famosas pinturas de las bóvedas de la Sala de los Reyes en el Palacio de los Leones. Como nos describe la *Guía oficial de la Alhambra y Generalife*⁴: “Las tres bóvedas de madera fueron fabricadas de forma autónoma en el suelo, como cascos de barcos, en una técnica llamada bóveda encamonada”, “el exterior se cubría con alquitranado vegetal, de barrera biológica y contra la humedad, más un revestimiento de yeso para proteger el reverso. Los huecos de la curvatura se tapaban con piezas de madera en cuña y fibras vegetales.”. La piel utilizada es de caballo, curtida con alumbre potásico, también llamado

4 BERMÚDEZ LÓPEZ, Jesús [et al.]: *Guía oficial de la Alhambra y Generalife*, Madrid, Patronato de la Alhambra y Generalife y TF. Editores, 2010, 140. BERMÚDEZ PAREJA, Jesús: *Pinturas sobre piel en la Alhambra de Granada*, Granada, Patronato de la Alhambra y Generalife, 1987. BERNIS MADRAZO, Carmen: “Las pinturas de la Sala de los Reyes de la Alhambra: los asuntos, los trajes, las fechas”, *Cuadernos de la Alhambra*, n. 18, 1982, 20-50. GÓNZALEZ LÓPEZ, M^a José; MONTERO MORENO, Araceli y BAGLIONI, Raniero: “Las pinturas de la Sala de los Reyes de la Alhambra de Granada: un proyecto, un método, una intervención”, *Revista PH, Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico*, n. 83, octubre, 2012, 74-89.

alumbre napolitano, sal doble de aluminio y potasio hidratada: $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$. Sobre una preparación de color blanco se dibujaba con el color rojo, aplicando después pigmentos al temple de huevo, perfilando los contornos con negro de humo, así como dorados aplicados con moldes sobre sulfato cálcico.



Sala de los Reyes, pinturas sobre piel en la bóveda norte.

Pigmentos principales.



Rojo. En yeserías y maderas pigmentos como el cinabrio/bermellón (sulfuro de mercurio) o el minio (óxido de plomo). El bermellón es la variedad artificial del cinabrio. El óxido de plomo es más barato y más inestable, se usaba como base del bermellón para conseguir un rojo más intenso optimizando los medios.

Azul. Azul de ultramar natural y azurita. El azul de ultramar natural fue descrito por Plinio, y por ejemplo, lo encontramos en los zócalos del patio del Harem de la Alhambra. Su precio era superior al oro. Procedente de las minas de Afganistán, el azul ultramar es un silicato de composición compleja que contiene sodio y azufre, es un pigmento muy estable.

La azurita es un carbonato de cobre pero que tiende al verde en medios húmedos y que pasa de azurita a malaquita y finalmente a formar cloruro de cobre. La azurita natural es el azul de la Edad Media en toda Europa, el uso del ultramar se relaciona con obras de gran relevancia y de carácter áulico.

Verde. Verdigrís y la malaquita, aunque ésta en menor medida.

El verdigrís es el aerugo de Plinio, pigmento artificial, inestable, de fácil fabricación. Se mezclan limaduras de cobre con vinagre y en ocasiones sal común, formando acetato de cobre o una mezcla de éste y cloruro de cobre. Es el resinato de cobre de la pintura europea que utiliza Leonardo, mezcla de verdigrís con barníz óleo-resinoso que se vuelve pardo en el proceso de envejecimiento. Se encuentra al temple en el Cuarto Real de Santo Domingo de Granada, y al óleo en algunas maderas de la Alhambra.

Amarillos. Menos frecuentes, muchas veces mezclados con verdes o azules para producir tonalidades más cálidas, también asociados a rojos. Se encuentran en algunas maderas de la Alhambra. Son de gran pureza, como el oropimente o el amarillo de plomo y antimonio, este último en etapas muy tempranas. El oropimente se utilizó en maderas de la Alhambra.

Negros. Elaborados a partir de la combustión de materiales orgánicos, de origen vegetal pero también animal, descritos por Plinio. Negro de vid, negro de humo, negro de hueso o marfil. Se utiliza en el mundo musulmán para definir finas líneas en la decoración pintada de las partes planas del relieve.

Láminas metálicas. Principalmente oro. Parece ser que en las yaserías el oro se aplicaba sobre una lámina de estaño, por lo que en muchos casos se ha perdido. El estaño se corroe con facilidad formando sales y al ser la base de oro, éste se desprende. El procedimiento está demostrado por imágenes de microscopía electrónica de barrido, como han estudiado García Bueno, Medina Flórez y Gonzalo Segura⁵. En el ámbito cristiano, y en concreto en los Reales Alcázares de Sevilla, se aplicaba sobre una base de bol rojo, aunque diferentes re-policromados pueden dar una visión errónea.

Sánchez Sarabia y sus dibujos para la Real Academia de San Fernando de 1762 muestran con especial detalle el color que presentaban en esa época y que hemos podido disfrutar en la exposición comisariada por Antonio Almagro: *El legado de al-Andalus, las antigüedades árabes en los dibujos de la Academia*⁶.

5 GARCÍA BUENO, MEDINA FLÓREZ y GONZÁLEZ SEGURA: “La policromía de los fragmentos de yeso almacenados en los depósitos del Museo de la Alhambra”, *16th International Meeting on Heritage Conservation*, Valencia: Universitat Politècnica de València, 2006, 1601-1614. GARCÍA BUENO, Ana: “El color en la decoración arquitectónica andalusí”, ALMAGRO GORBEA, Antonio [et al.]: *El legado de al-Andalus, las antigüedades árabes en los dibujos de la Academia*, Granada, Patronato de la Alhambra y Generalife, Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Fundación Mapfre, 2016, 81-91.

6 ALMAGRO GORBEA, Antonio [et al.]: *El legado de al-Andalus, las antigüedades árabes en los dibujos de la Academia*, Granada, Patronato de la Alhambra y Generalife, Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Fundación Mapfre, 2016.

Geometría:

Círculo, lo infinito, lo eterno, el cielo.

Cuadrado, dentro del círculo. La tierra, los 4 elementos: aire, agua, fuego, tierra.

El círculo y el cuadrado serán la base y los generadores de otras construcciones.

Triángulo, dentro del cuadrado. Número 3. Tres principios: azufre, mercurio y sal. Cuadrado + triángulo: $4+3=7$. La perfección.

Insertas dentro del triángulo, cuadrado y pentágono podemos construir estrellas de 3, 4 o 5 puntas y con su rotación en el círculo de 6, 8 y 10 puntas, así como otras figuras geométricas.

Teorema de Pitágoras: en todo triángulo rectángulo el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma del cuadrado de los lados. En un cuadrado de lado 1 la hipotenusa es $\sqrt{2}$. Se puede calcular cualquier triángulo partiéndolo en dos para que forme dos triángulos rectángulos. En un cuadrado de lado uno:

$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$c = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2}$$

$$\sqrt{2} = 1,4142135\dots$$

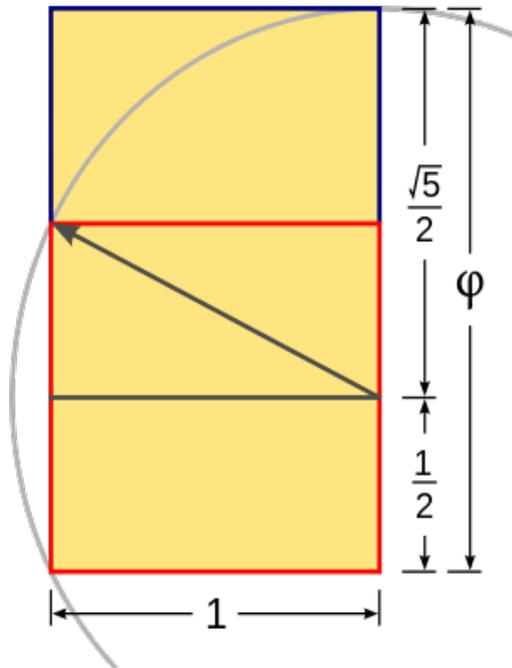
Número áureo. La ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$\varphi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \approx 1,61803398874988\dots$$

Dos números a y b están en proporción áurea si se cumple:

$$\frac{a + b}{a} = \frac{a}{b}$$

Presente en Euclides (c. 300-265 a. C.) en su obra: *Los Elementos, Definición 3 del Libro Sexto*: “Se dice que una recta ha sido cortada en extrema y media razón cuando la recta entera es al segmento mayor como el segmento mayor es al menor”. Esta proporción la vemos en diversos espacios de la Alhambra, en concreto está en la fachada del Palacio de Comares.



Forma clásica de construir un rectángulo con la proporción áurea, partiendo del cuadro y el círculo.

Euclides en su proposición 2.11 de su obra: *Los Elementos*, describe cómo realizar el rectángulo áureo, siendo muy famosa en toda la Edad Media.

Triángulo áureo es el triángulo isóceles de ángulos 36° , 72° y 72° , que satisface $BC/AB = \Phi$.

En el pentágono regular de lado 1 la diagonal es el número Φ .

La proporción áurea también está presente en la espiral logarítmica llamada “sucesión de Fibonacci, descrita en su: *Liber Abaci*, de 1202, sería así:

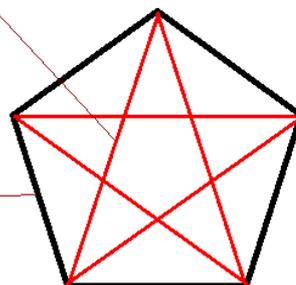
0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89 ...

$$f_n = f_{n-1} + f_{n-2}$$

**Número de ORO y
Pentágono**

$$\frac{\text{diagonal}}{\text{lado}} = \phi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2}$$

$$\phi = 1,61803398 \dots$$



Medidas: “distintas varas de medir”.

Pie romano, codo, palmo, pulgada. Una pulgada anglosajona equivale a 25,4 mm.

Cuadro comparativo, según estudio antropométrico del Dr. Francisco Javier Roldán Medina:

	Nazarí I	Nazarí II	Toledana
	Comares, Leones	Fachada Comares	Palacio Carlos V
Vara $\frac{1}{2}$	108,32 cm	90,94 cm	87,30 cm
$\sqrt{2}$	153,19 cm	128,61 cm	123,46 cm
Codo $\frac{1}{4}$	54,16 cm	45,47 cm	43,65 cm
$\sqrt{2}$	76,59 cm	63,30 cm	61,73 cm

Después se generalizó la Vara Castellana de Burgos de 83,59 cm. y posteriormente el metro con tres definiciones, en 1791, 1889 y 1960.

Proporciones.

El Dr. Rafael Pérez Gómez, ha estudiado la geometría de la Alhambra resaltando la importancia del cuadrado y el círculo, así como la utilización de cuadrículas para diseñar el espacio de forma proporcional. En la fachada del Palacio de Comares los vanos en los muros para crear puertas, ventanas, o pórticos, mantienen las proporciones, se reduce la escala de los rectángulos que definen la fachada y se reproduce la estructura adintelada, y se introducen los arcos, identificativos del concepto que representa el mihrab, envuelto en dos molduras verticales y una horizontal.

Los profesores Purificación Fenoll Hach-Alí⁷ y Alberto López Galindo han demostrado que los 17 Grupos cristalográficos planos están presentes en la Alhambra. Estos posibles 17 Grupos geométricos sobre el plano lo demostró Fedorov en 1891, pero en la Alhambra los encontramos varios siglos antes, quizás realizados de forma intuitiva.

7 FENOLL HACH-ALÍ, Purificación y LÓPEZ GALINDO, Alberto: *Simetría en la Alhambra. Ciencia, belleza e intuición. Science, Beauty and Intuition. Symmetry in the Alhambra*, Granada, Departamento de Minerología y Petrología de la Universidad de Granada, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, 2003.

Para rellenar un plano (teselar el plano) de forma periódica se utilizan cuatro estrategias: traslación, rotación, reflexión y simetría con deslizamiento (reflexión más traslación en el eje de la reflexión).

La combinación de medidas: lado de un cuadrado con la hipotenusa formada de hacer del cuadrado dos triángulos rectángulos. El utilizar estructuras que combinan dos parámetros de medida es muy interesante y frecuente, sobre todo con medidas pitagóricas. Nos recuerda los pies de los metros poéticos o los ciclos rítmicos de la música. La lengua árabe tiene sílabas largas o quiescentes y sílabas cortas lo que produce unas secuencias rítmicas tanto en la poesía como en el canto. En la arquitectura también vemos estas estructuras.

En el mundo medieval existen dos ámbitos diferenciados: el teórico y el práctico. El teórico parte del conocimiento del mundo clásico, fundamentalmente griego que los sabios árabes desarrollan y amplían; por otra parte, los artesanos, alarifes muy cualificados que tienen un conocimiento de las técnicas por transmisión oral en cofradías y gremios, y que se sirven de moldes y recetas para realizar sus obras aunque desconozcan los fundamentos teóricos. Tanto la labor teórica como la práctica tienen un carácter en última instancia religioso, la perfección en el desarrollo del mismo es una forma de perfeccionamiento personal de imitar y acatar el mandato divino del concepto de perfección práctica así como del conocimiento del saber.

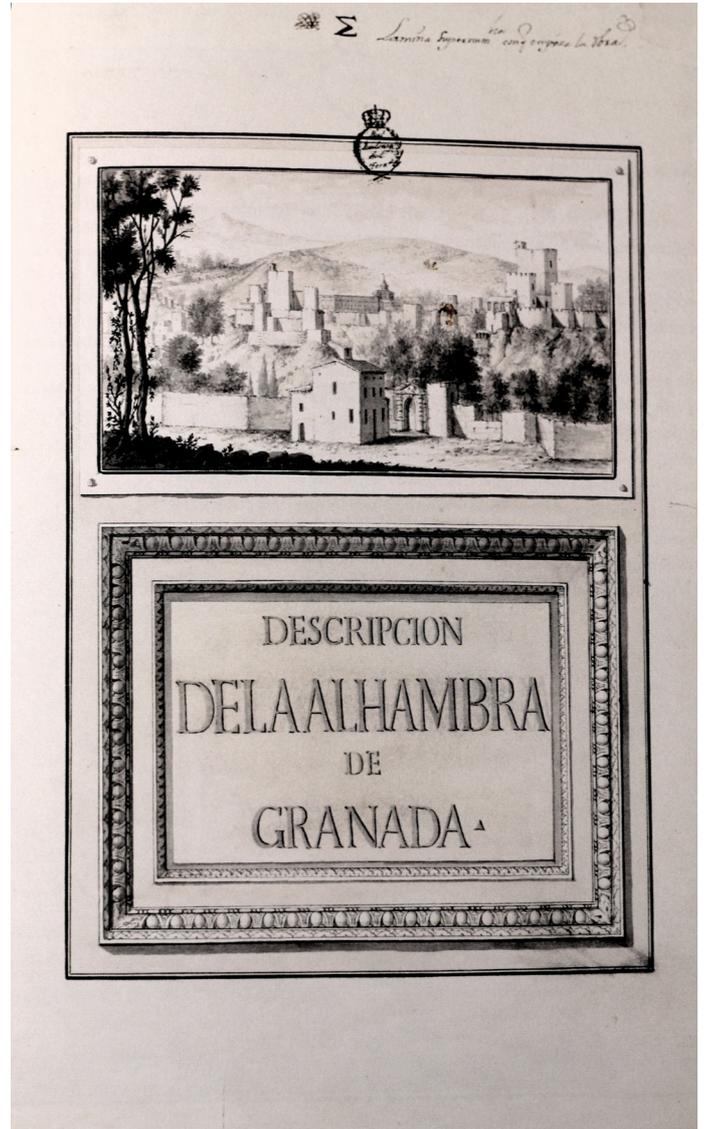
Estudios de arquitectura.

En el último trimestre del año 2016 pudimos disfrutar de la exposición: “El legado de al-Andalus. Las antigüedades árabes de la Academia de San Fernando”, comisariada por el Dr. Antonio Almagro. La descripción del color de los dibujos de Sánchez Sarabia de 1762, o la precisión e instrumentos utilizados para hacer los planos y dibujos de José de Hermosilla en 1766, ingeniero militar, como la plancheta, la cámara oscura, la cadena para las mediciones lineales y el cuadrante para las nivelaciones, buscando la simetría, la definición del tipo de columna y arco propios del estilo árabe, así como la determinación de sus proporciones. Las traducciones de las inscripciones árabes de la Alhambra, realizadas por el monje maronita Miguel Casiri, todo ello trabajos pioneros en su materia e inicio del arabismo científico en nuestro país.

Especial importancia presentan las obras de Manuel Gómez-Moreno González (Granada 1834-1918), Leopoldo Torres Balbás (Madrid 1888-1960) y Jesús Bermúdez Pareja (Granada 1908-1986).



Plancheta.



Portada: *Descripción de la Alhambra de Granada*, 1766-67.

Agua, canalizaciones, depuración y filtrado de aguas, sistemas hidráulicos, humedad, temperatura, sonidos de la Alhambra, etc.



El agua es un elemento esencial en la cultura del mundo islámico. Las acequias, albercas, pozos, norias e ingenios hidráulicos, posibilitaron la agricultura de regadío, así como la gestión de los humedales, mientras que las acequias de montaña posibilitan la recuperación de los acuíferos y los pastos para el ganado.

Las albercas tienen significados polisémicos, no solo simbolizan el poder del sultán de dominar la naturaleza y en este caso el elemento fundamental para la agricultura de regadío: el agua, y su clara función estética de espejo de la arquitectura, pero también su función práctica de climatización y regulación de la humedad del recinto, actuando a la vez como depuradora natural, dado que los residuos se precipitan al fondo, para pasar a los baños mucho más limpia. El agua en los baños y hospitales tiene una función higiénica y terapéutica.

El Departamento de Física aplicada de la Universidad de Granada ha desarrollado el proyecto “Sombio”, coordinado por el profesor Diego Pablo Ruíz, entre otras cosas han estudiado el uso climático de las albercas, así como la función del techo de mocárabes de climatizador natural. El aire caliente asciende, choca con los mocárabes, que se encuentran a diferentes alturas, pierde velocidad y desciende más frío, consiguiendo una variación de 10°C.

aproximadamente. En un estudio de los sonidos de la Alhambra predomina el sonido del agua, “la Alhambra suena a agua que corre por surtidores, fuentes y arroyos”.

Botánica y fauna.

J. Esteban Hernández Bermejo y Expiración García Sánchez han realizado un interesante estudio sobre las huertas del Generalife⁸. Con el profesor J. Esteban Hernández Bermejo, de la Universidad de Córdoba, está trabajando el Patronato de la Alhambra para recuperar especies históricas de granados y olivos, entre otras, dado su valor incluso terapéutico, como destacan las fuentes escritas.

Especial importancia tendrá en el siglo XIV el tratado de agricultura del almeriense Ibn Luyūn⁹ (m. 1349), maestro de Ibn al-Jaṭīb. De los tres grandes tratadistas: Ibn Baāṣ ṣ āl, al-Ṭignarī e Ibn Luyūn, podemos observar más de 210 especies. Entre las arbóreas destacan: vid, higuera, granado, rosales, olivos y acebuches, manzanos, melocotoneros, priscos, ciruelo, cidro, almendro, palmera datilera, cerezo, laurel, peral, nogal, membrillo, naranjo amargo, alfóncigo o pistachero, moreras y morales, arrayán, encina, albaricoquero, castaño, avellano pino y ciprés.

Los biólogos del Conjunto Monumental han recuperado los *gallipatos* en las albercas del Partal y del Generalife. El gallipato es el mayor tritón del Mediterráneo, es un anfibio. Los trabajos de naturalización de las albercas, eliminando los algicidas y el cloro en un 90% de los puntos de agua y la recuperación de los peces ornamentales han posibilitado su hábitat.



8 HERNÁNDEZ BERMEJO, J. Esteban y GARCÍA SÁNCHEZ, Expiración: *Huertas del Generalife. Paisaje agrícola de al-Andalus... en busca de la autenticidad*, Granada, Editorial Universidad de Granada, Patronato de la Alhambra y Generalife, 2015.

9 IBN LUYŪN: *Tratado de agricultura*, ed. Y trad. J. Eguaras Ibáñez, Granada, Patronato de la Alhambra y Generalife, 1988. *Kitāb fī Tartīb awqāl al-girāsa wa-l-magrūsāt. Un tratado agrícola andalusí anónimo*, ed. Y trad. A. C. López y López, Granada, CSIC, 1990.



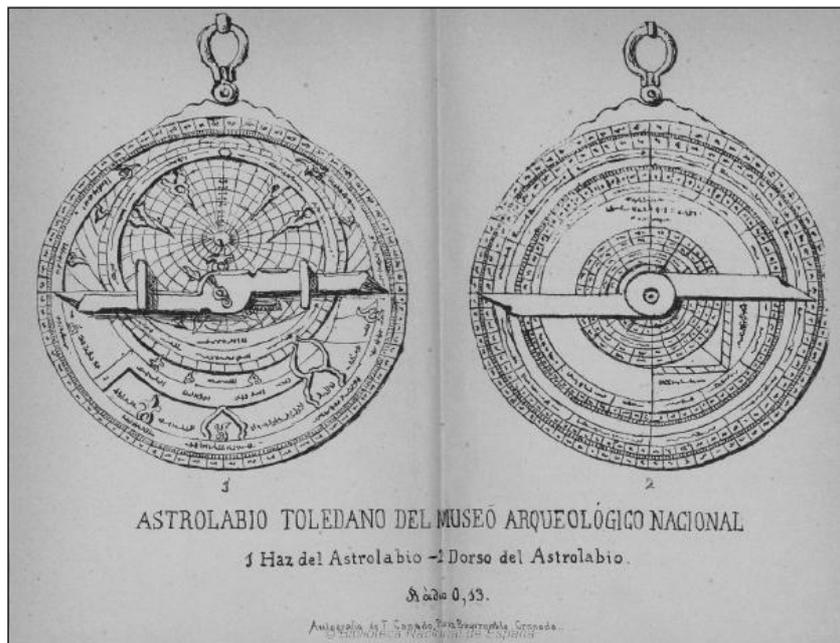
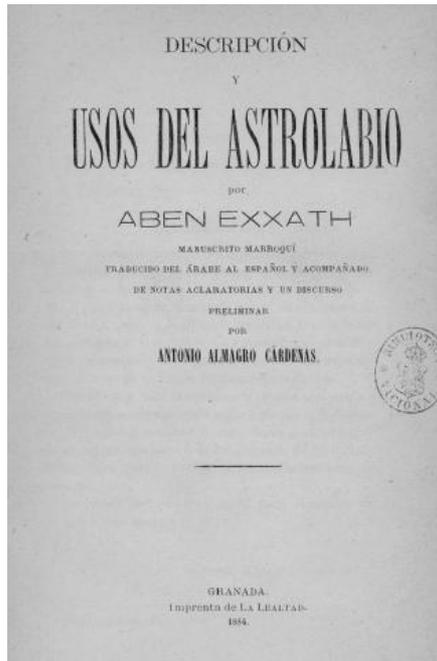
Zafa con gallipatos, Museo de la Alhambra.

Ingenios: astrolabios, clesidras, relojes de sol, el horologio del 764/1362 en el Mexuar de la Alhambra.

El astrolabio representa bidimensionalmente la esfera celeste. Instrumento de precisión que ha tenido diferentes funciones: medir el tiempo de día y de noche, determinar direcciones geográficas (como la dirección de La Meca), medidas de altura, datos necesarios para levantamientos de horóscopos, navegación, etc.

Claudio Ptolomeo (100-170 d. C.) será un referente con su obra: *Planisphaerium* (c. 150 d. C.), traducido al árabe en el siglo IX y difundido en occidente en el siglo X gracias a las relaciones del Impero Carolingio y el Califato de Córdoba de al-Hakem II a través de la Marca Hispánica en los entornos de Santa María de Ripoll y de la catedral de Barcelona. Ciencia presente en Alfonso X el Sabio en su: *Libro del saber de Astrología*, de 1278. Han llegado hasta nuestros días en torno a 40 tratados sobre la construcción y uso del astrolabio escritos en árabe entre los años 800 y 1500 en todo el territorio islámico, incluido al-Andalus¹⁰.

10 VILADRICH I GRAU, Mercè: "Astrolabios andalusíes", *El Legado Científico andalusí*, [catálogo de la exposición], Madrid, Ministerio de Cultura, 1992, 52. GARCÍA FRANCO, Salvador: *Catálogo crítico de astrolabios existentes en España*, Madrid, Instituto Histórico de la Marina, 1945. Interesante resulta la obra de ALMAGRO CÁRDENAS, Antonio: *Descripción y usos del astrolabio por Aben Exxath, manuscrito marroquí traducido del árabe al español y acompañado de notas aclaratorias y discurso preliminar*, [manuscrito atribuido a un sabio de Sevilla del siglo XIII], Granada, Imprenta de la Lealtad, 1884. Para construir un astrolabio casero consultar la página Web de la Asociación Valenciana de Astronomía donde ofrece un recortable de astrolabio con sus correspondientes plantillas y normas de uso. <http://www.astroava.org/index.php/content-layouts/55-astrolabio.html>



Relojes solares para el día y clesidras para la noche. Las horas de los distintos rezos hacían necesario conocer la hora para la llamada a la oración, que a su vez regulaba los turnos de riego del agua de las acequias, etc. Famosos fueron los relojes y autómatas de Arquímedes, del Egipto faraónico o de Mesopotamia, así como los del imperio Bizantino y del califato `abbāsī de Bagdad del siglo IX.

Igualmente famosas fueron las velas nazariés, marcadas para las horas de la noche, como el reloj del 764/1362, descrito por Ibn al-Jaṭīb en tiempos de Muḥammad III (1302-1309) en su obra: *Nufāḍa III*, estudiada por Emilio García Gómez¹¹, analizada y prototipo patentado por el arabista Antonio Fernández Puertas¹². Cirio con muescas en donde se encontraban unas cintas que al quemarse liberaban un cerrojo que dejaba caer una bola de cobre sobre un platillo metálico y a la vez se abrían una puertas y una figura de muchacha ofrecía un trozo de papel que indicaba la hora y un poema alusivo a la misma.

La ciencia de la medicina.

Importantísimo será el desarrollo de la medicina y de hospitales en al-Andalus, tema que necesitaría varias sesiones monográficas y que cuenta con magníficos estudios¹³ por lo que no nos detendremos en este apartado.

Finalmente mencionar la música y las referencias del mundo de la ciencia en la poesía epigráfica de la Alhambra.

La música¹⁴ era parte de las ciencias, sus proporciones matemáticas, desde la escuela Pitagórica; su armonía era reflejo de la armonía de las esferas celestes, su altura o gravedad se medía por la longitud y divisiones de una cuerda que mantenía la misma tensión, y por el peso de bloques de hierro o metal. Incluso la danza era un reflejo del giro de los planetas sobre sí mismos y en sus respectivas órbitas. También incidía en los humores del cuerpo, estando en relación con la medicina. Los ciclos rítmicos se corresponden a los pies métricos de la poesía y a esas combinaciones de medidas en la arquitectura.

11 GARCÍA GÓMEZ, Emilio: *Foco de antigua luz sobre la Alhambra, desde un texto de Ibn al- Jaṭīb en 1362*. Madrid, Instituto Egipcio de Estudios Islámicos, 1988, tex. ár. 123-141, trad. esp. 142-169.

12 FERNÁNDEZ PUERTAS, Antonio: *Clesidras y relojes musulmanes*, Granada, Fundación El Legado Andalusi, 2010, 57-77.

13 ÁLVAREZ DE MORALES, Camilo: *La medicina en al-Andalus*, Sevilla, Consejería de Cultura, 1999.

14 FERNÁNDEZ MANZANO, Reynaldo: "La teoría musical árabe en el marco de la cultura clásica y medieval", *Música Oral del Sur*, n. 10, Granada, 2013, 10-45. "La música de la Alhambra", *Pensar la Alhambra*, Barcelona, 2001, 277-291. *Música de al-Andalus*, Granada, Editorial Universidad de Granada, 2015, 195-242.

Por su parte, la poesía epigráfica¹⁵ tiene numerosas referencias al ambiente científico de la época, especialmente a los conocimientos de astronomía, flora, fauna, perfumes, piedras preciosas y minerales, filosofía de la ciencia, etc.

15 CASTILLA BRAZALES, Juan: *Corpus epigráfico de la Alhambra*, 8 libros y DVDs. Granada, Patronato de la Alhambra y Generalife, 2007-2015, (Premio Nacional de ediciones universitarias a la mejor edición digital y multimedia, en su XIX edición de 2016).