

REAL ACADEMIA
DE
CÓRDOBA

COLECCIÓN
RAFAEL CASTEJÓN
VI

CIENTÍFICOS CORDOBESES DE AYER Y DE HOY

CIENTÍFICOS CORDOBESES
DE AYER Y DE HOY



JOSÉ ROLDÁN
M.ª FÁTIMA MORENO

Coordinadores



JOSÉ ROLDÁN CAÑAS
MARÍA FÁTIMA MORENO PÉREZ

Coordinadores

2021

REAL ACADEMIA DE CÓRDOBA

JOSÉ ROLDÁN CAÑAS
MARÍA FÁTIMA MORENO PÉREZ
COORDINADORES

CIENTÍFICOS CORDOBESSES
DE AYER Y DE HOY

REAL ACADEMIA
DE
CÓRDOBA

2021

CIENTÍFICOS CORDOBESES DE AYER Y DE HOY
(Colección *Rafael Castejón*, VI)

Coordinadores científicos:

José Roldán Cañas, académico numerario

María Fátima Moreno Pérez, académica correspondiente

Coordinadora editorial:

María Fátima Moreno Pérez, académica correspondiente

Portada:

Benito Daza de Valdés (1591-1634)

© Real Academia de Córdoba

© Los Autores

ISBN: 978-84-124797-3-7

Dep. Legal: CO 1440-2021

Impreso en Litopress. edicioneslitopress.com – Córdoba

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de este libro puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopias, grabación magnética o cualquier almacenamiento de información y sistema de recuperación, sin permiso escrito del Servicio de Publicaciones de la Real Academia de Córdoba.

El Maestro Juan de Ávila y sus máquinas hidráulicas

María Fátima Moreno Pérez
Académica Correspondiente

José Roldán Cañas
Académico Numerario

Resumen

San Juan de Ávila, uno de los treinta y cuatro Doctores que tiene la Iglesia, es una de las figuras centrales más representativas del siglo XVI. Ha destacado por su santidad de vida, por sus numerosos escritos y por su escuela sacerdotal, sin embargo, las facetas de teólogo, predicador y asceta han eclipsado y minimizado su faceta de científico y de inventor. Se le conocen cuatro inventos, que debieron ser muy importantes pues obtuvo Cédulas de Privilegio Real que protegían los inventos muy notables a modo de patentes. Quizás pudiera parecer que esta contribución científica es muy pequeña, pero para ello debió adquirir una formación en el campo de la mecánica y de la física que, seguramente, le sirvió para abordar el desarrollo de los ingenios hidráulicos patentados, y seguro que de alguno más.

Palabras clave

Doctor de la Iglesia; Ingenio hidráulico; Renacimiento

Summary

San Juan de Ávila, one of the thirty four Doctors of the Church, is one of the central figures more representative of the 16th century. He stood out for his holiness of life, his numerous writings, and his priestly school, but his facets as a theologian, preacher and ascetic have overshadowed and minimised his facet as a scientist and inventor. Four inventions are known to him, which must have been very important, as he obtained Royal Privileges that protected very notable inventions by way of patents. Perhaps it might seem that this scientific contribution is very small, but for this he must have acquired training in the field of mechanics and physics, which surely helped him to develop the patented hydraulic devices, and surely some others.

Key words

Doctor of the Church; Hydraulic Ingenuity; Renaissance

1. Introducción

Cuando hayan visto a San Juan de Ávila, ligeramente camuflado como el Maestro Juan de Ávila, como uno de los científicos cordobeses incluidos en este ciclo, se habrán sentido muy sorprendidos. No mucho menos que nosotros que fuimos conocedores de esta faceta del Santo a través del compañero José Antonio Ponferrada Cerezo, académico correspondiente por Montilla, que nos facilitó una publicación de su padre, José Ponferrada Gómez, ilustre montillano, titulada “Los sorprendentes inventos del Maestro Ávila”, escrito en 2005, ilustrando la obra de este gran inventor hidráulico del siglo de oro español.

El Renacimiento, y por ende el Siglo de Oro español, fue pródigo en descubrimientos hidráulicos. El origen, como en otras ramas de las ciencias y de las letras, fue Italia de donde provienen muchos artistas-ingenieros atraídos, y también fichados, por el deslumbrante poder de la Corte española. Entre ellos destaca Juanelo Turriano, a quien se atribuye el libro “Los veintiún libros de los ingenios, y máquinas de Juanelo”, cuestión puesta en duda por algunos autores. No obstante, sea o no el autor del libro, sus obras, como, por ejemplo, el mecanismo de elevación de agua desde el río Tajo a la ciudad de Toledo, han quedado para la posteridad.

Como se verá a lo largo del texto, el maestro Juan de Ávila debió desarrollar estos inventos durante su estancia en Montilla pues los pleitos que los han sacado a la luz se encuentran en el Archivo de Protocolos de Córdoba. Y debieron ser muy importantes pues obtuvo Cédulas de Privilegio Real que protegían los inventos muy notables a modo de patentes.

Desconocemos las razones por las que San Juan de Ávila se interesó por este tipo de ingenios hidráulicos y si, además, tuvo otras facetas de inventor como correspondía a un hombre del Renacimiento. Lo cierto es que queda aún mucho trabajo archivístico por realizar hasta encontrar respuesta a todas estas cuestiones.

En efecto, aún no se ha encontrado la descripción técnica de los inventos que fueron patentados a su nombre, o más bien, a nombre de otro personaje que se los adueñó indebidamente y contra quien tuvo que pleitear, y la aportación de autores muy reputados elucubran sobre su función y utilidad. Sin embargo, estas contribuciones no deben estar muy alejadas de la realidad por cuanto, al estar enmarcadas en una determinada época histórica, no caben muchas diferentes

soluciones. También el nombre de los artilugios, que si se ha conservado, orienta sobre su presunta utilidad.

Además, como gran mérito, la inscripción de la obra del maestro Ávila fue anterior a los inventos de los ingenieros italianos lo que le confiere un mayor grado de originalidad.

Quizás pudiera parecer que esta contribución científica de San Juan de Ávila es muy pequeña si se compara con su ingente obra humanística, filosófica, teológica y literaria, pero, en cualquier caso, no fue fruto de la casualidad pues tuvo una formación en el campo de la mecánica y de la física que, seguramente, le sirvió para abordar el desarrollo de sus ingenios hidráulicos.

2. La formación académica de Juan de Ávila

Realizando una brevísima biografía del Maestro Ávila, y siendo conscientes de lo extensísimo de la misma, y de que nos dejaremos atrás mucha información, nos gustaría establecer su relación con Córdoba, así como los aspectos más interesantes que hicieron de él una de las figuras centrales y representativas del siglo XVI.

Hay duda sobre el año de su nacimiento, 1499 o 1500, aunque todos sus biógrafos coinciden en el día, 6 de enero, y en el lugar, Almodóvar del Campo (Ciudad Real). En 1513 comenzó a estudiar leyes en Salamanca, aunque regresó a Almodóvar cuatro años después sin terminarlos. En 1520 marchará a estudiar artes y teología a Alcalá de Henares hasta 1526.

Juan de Ávila fue ordenado sacerdote en 1526, y quiso venerar la memoria de sus padres celebrando su Primera Misa en Almodóvar del Campo.

En 1535 marcha a Córdoba donde conoce a Fray Luís de Granada con quien entabla una profunda amistad. Su labor fue muy intensa, creando centros de estudios como el Colegio de San Pelagio (en la actualidad el Seminario Diocesano) y el Colegio de la Asunción, actual edificio Pedro López de Alba de la Universidad de Córdoba. En todas las ciudades por donde pasaba, Juan de Ávila procuraba dejar la fundación de algún colegio o centro de formación y estudio. Sin duda, la fundación más célebre fue la Universidad de Baeza (Jaén) en 1542, obteniendo licencia para impartir estudios de humanidades, lo que abrió la puerta a la expedición de los grados de bachiller, licenciado y doctor en artes y teología, nuevas enseñanzas de cuya organización se encargó Juan de Ávila.

En 1554, se retiró en Montilla donde vivió en una modesta casa propiedad de la marquesa de Priego hasta su muerte, el 10 de mayo de 1569.

San Juan de Ávila fue beatificado por el papa León XIII el 6 de abril de 1894, el 31 de mayo de 1970 se produjo la solemne canonización en Roma por el papa Pablo VI, y finalmente, promovido de forma especial por la Conferencia Episcopal Española, el 7 de octubre de 2012 fue declarado Doctor de la Iglesia Universal por el Papa Benedicto XVI en la plaza del Vaticano, en Roma, entrando así a formar parte del grupo singular de los 34 Doctores de la Iglesia en todo el mundo y de todas las épocas, destacando por su santidad de vida, por sus numerosos escritos y por su escuela sacerdotal.

En la figura 1 se reproduce el retrato de San Juan de Ávila que realizó en 2015 la pintora Montillana María José Ruiz, Académica Correspondiente de la Real Academia de Córdoba, por encargo del Ayuntamiento de Montilla para la celebración del nombramiento del Maestro Ávila como Doctor de la Iglesia, que fue donado por la pintora al pueblo de Montilla y, posteriormente, regalado por el Ayuntamiento al Papa Francisco.

Como ya hemos dicho anteriormente, y tras la brevísima biografía que hemos realizado del Maestro Ávila nos remitimos, para quien quiera profundizar más en su vida y obra, a la publicación de síntesis que realizaron Sala Balust y Martín Hernández en 2007.

Todas las biografías sobre Juan de Ávila se centran en sus estudios y formación filosófica y teológica, incluso en sus conocimientos de autores clásicos y su formación literaria, no prestándosele atención suficiente a su formación en el campo de la Física y Mecánica. Por esta razón, vamos a basarnos, fundamentalmente, en el estudio que realiza la investigadora Velázquez Soriano (2000) de la figura del Maestro, en el que se adentra tanto en su formación académica, su actividad educadora y fundadora de centros educativos como en su actividad científica.

Aunque inicialmente el Maestro Ávila acudió a Salamanca a estudiar Leyes, éstas no eran de su agrado y se marchó a Alcalá donde estudió Artes bajo el magisterio del Padre Fray Domingo de Soto (ca. 1494-1560), uno de los grandes profesores y científicos del siglo XVI, y con el cual hizo una gran amistad. Fray Domingo se formó en París con figuras de primera relevancia en el campo de la Física y las Matemáticas, llegando a considerarse como el artífice de la “regla de

Mertony” sobre la caída libre de los graves, y precursor de los avances de Galileo y Newton sobre el movimiento uniforme o disforme con respecto al tiempo y el espacio (González Tascón, 2002). En 1532, y ya de vuelta en Salamanca, ocupó la cátedra de Teología.



Figura 1. Retrato de San Juan de Ávila realizado por María José Ruiz (2015).
Imagen cedida por la autora.

Según apunta Velázquez Soriano, es inevitable pensar que la formación de Juan de Ávila debió estar influida por maestros como de Soto, directa o indirectamente, y que los conocimientos que adquirió le posibilitaron o facilitaron el desarrollo de las máquinas hidráulicas innovadoras que diseñó, como más adelante veremos.

Con respecto a la labor educadora, Juan de Ávila cuenta con un numeroso elenco de discípulos instruidos y formados en los estudios fundamentales del ambiente del Humanismo del siglo XVI. y que fueron en su mayoría seguidores espirituales, también lo fueron del hombre de ciencia, práctico, consciente de la realidad social y cotidiana de sus convecinos y de las gentes. A lo largo de los años va recorriendo Granada, Sevilla, Écija, Córdoba, Baeza, y Jerez de la Frontera, donde le siguen diversos estudiantes de diferentes formas de vida y trayectoria personal que de una u otra forma van vinculándose a sus actividades. Tenía una gran preocupación por formar buenos sacerdotes, por su misión evangelizadora, pero también puede añadirse que quería individuos capaces y bien instruidos, personas que pudieran enseñar en las escuelas, que pudieran saber de medicina y, seguramente, que tuviesen una buena preparación técnica para atender los problemas de la vida cotidiana (Velázquez Soriano, 2000).

Es bien conocido el impacto dejado en Ávila por su visita a las minas de Almadén y las miserables condiciones de vida de los mineros (Rincón González, 2013). Su obsesión era elevar los niveles de alfabetización de la población y elevar el nivel educativo y de vida de las poblaciones donde llevaba a cabo su predicación y extendía su área de influencia. Entre sus discípulos se encuentran médicos o eminentes predicadores como Diego Pérez de Valdivia, al que envió a formarse a Salamanca en Artes y Teología, y que llegó a ser catedrático en la Universidad de Barcelona, y conocido como el “Apóstol de Cataluña”. Este, en 1581, llegó a fundar la Casa de Misericordia para atender a los necesitados y educarlos. Otros nombres como Mateo de la Fuente, también formado en Salamanca con Domingo de Soto, fue junto con Diego Vidal, uno de los fundadores del monasterio de El Tardón (Hornachuelos); Bernardino de Carleval, a quien Ávila puso al frente de la Universidad de Baeza, Luis de Noguera, graduado en Artes y Teología en Baeza o Francisco Gómez, jesuita, al igual que Juan Ramírez, licenciado y doctor respectivamente en Artes y Teología.

3. Los ingenios hidráulicos durante el Renacimiento

Aunque se desconoce exactamente dónde adquirió sus conocimientos, el maestro Juan de Ávila fue capaz de crear cuatro ingenios hidráulicos destinados a trasladar grandes masas de agua para el abastecimiento de poblaciones. Por esta razón, es importante dar unas pinceladas sobre el contexto de la ingeniería del agua en la época en la que le tocó vivir.

Durante el Renacimiento, la ciencia, el arte y la técnica estaban completamente unidas para aquellos que compaginaban sus ocupaciones artísticas con las de la ingeniería. Es el tipo de hombre renacentista que García Tapia (1996b) denominó "ingeniero-artista", y que se dio frecuentemente en la Italia de los siglos XV y XVI. El primer ejemplo que sobresale sin esfuerzo es Leonardo da Vinci (1452-1519), ya que es uno de los grandes genios de todos los tiempos. Pero también podrían citarse otros arquitectos e ingenieros italianos como Francesco di Giorgio Martini, Leon Batista Alberti, Filippo Brunelleschi, Miguel Angel Buonarroti, Andrea Palladio, Rafael Sanzio, los Sangallo o Sebastiano Serlio.

En el caso español, muchos ingenieros y artistas se formaron en las posesiones que la monarquía hispánica tenía en Italia. Entre otros muchos nombres destaca Juan Bautista de Toledo, arquitecto del Real Monasterio de El Escorial, formado con Miguel Angel, y uno de los más influyentes de la época (Ribera Blanco, 1984), o Pedro Juan de Lastanosa, destacado por ser el autor de un extenso tratado sobre el agua, fundamental para el desarrollo de la ingeniería hidráulica española, y del que se hablará más adelante.

Varios "ingenieros-artistas" llegaron a España atraídos por el poder de la corona española, como el relojero Giovanni de la Torre, contratado por Carlos V, y más tarde españolizado con el nombre de Juanelo Turriano, o Pompeo Leoni, escultor contratado por Felipe II para trabajar en El Escorial.

Precisamente, a la amistad que Juanelo Turriano mantuvo con Pompeo Leoni, poseedor de varios códices de Leonardo Da Vinci, se le atribuye el hecho de que en el diseño que Juanelo realizó de la elevación de aguas desde el río Tajo hasta el Alcázar de Toledo, y del que más adelante se hablará, se puedan reconocer mecanismos ya estudiados y desarrollados por Leonardo da Vinci (García Tapia, 1990a).

Según explica García Tapia (1996b), el interés de Felipe II por los libros y manuscritos que pudiera coleccionar para la biblioteca de El Escorial, condujo a la compra de ejemplares raros y, por tanto, a la llegada a España de una gran cantidad de códices de Leonardo da Vinci que pasaron a poder de la corona. En este sentido, Pompeo o Pompeyo, como se le llamaba en España, jugó un papel fundamental, ya que valiéndose de su calidad de enviado de Felipe II mientras se encontraba en Milán fundiendo las estatuas de bronce destinadas al retablo de El Escorial, se hizo con varios libros y documentos que tras la muerte de Leonardo pasaron a su discípulo preferido Francesco Melzi, y más tarde a las manos de sus hijos, que los malvendieron.

Llegados a este punto, es importante destacar que Pompeo Leoni, actuaba como enviado del rey de España y que los manuscritos eran para el monarca, al contrario de lo que muchos historiadores destacan, es decir, que la afición coleccionista de Pompeo Leoni es la única responsable de la adquisición de los códices de Leonardo, sin tener en cuenta el papel jugado por Felipe II (García Tapia, 1996b).

No obstante lo anterior, tal como García Tapia (1996b) pudo comprobar, Felipe II recompensó a Pompeo con una parte del botín conseguido, que son los diez y seis libros que aparecen en el inventario de sus bienes realizado tras su muerte. El resto iría a parar a las bibliotecas del rey, salvo algunos que podrían haber sido regalados a otros personajes de la Corte.

De acuerdo con García Tapia (1996b), queda claro que muchos de los códices de Leonardo estuvieron en España y fueron posiblemente conocidos por ciertos personajes de la Corte española que pudieron consultarlos. Mención especial merecen los dos códices, llamados Madrid I y II, que en 1965 reaparecieron en la Biblioteca Nacional. Cabe la posibilidad de que se trate de dos de los libros que Leoni había enviado en su día a Felipe II desde Milán, pero también pudieron ser los adquiridos por el coleccionista Juan de Espina, nacido antes de finalizar el siglo XVI, y de los que se conocen sólo algunos datos proporcionados por sus coetáneos, entre los que se encuentra Francisco de Quevedo.

Volviendo al tema que nos ocupa, el agua, no cabe duda de que Leonardo es el referente del Renacimiento. Aunque su intención era escribir un tratado de hidráulica como compendio de las numerosas anotaciones que dedicaba a esta materia, no lo llegó a completar (Marinoni, 1995), siendo el código Leicester (propiedad del

multimillonario Bill Gates) el que destina más espacio al agua y sus aplicaciones, por lo que García Tapia (1996a) lo utiliza para encontrar similitudes entre ingenios diseñados por otros autores, y los de Leonardo.

A lo largo del siglo XVI se publican varios tratados de máquinas que tienen una amplia difusión por toda Europa, y junto con los manuscritos españoles constituyen las fuentes que han servido a González Tascón (2002), para situar en su contexto histórico los inventos hidráulicos de Juan de Ávila.

Uno de los primeros y más importantes textos de Hidráulica de la literatura científica, escrito en el siglo XVI, y que se encuentra conservado en la Biblioteca Nacional de Madrid, es el conocido como “Los veintiún libros de los ingenios, y máquinas de Juanelo”, escrito entre 1564 y 1575 (Lastanosa, 1648). Aunque históricamente su autoría ha sido atribuida a Juanelo Turriano por encontrarse su nombre escrito en la portada, García Tapia (1990a) ha comprobado que el contenido del texto y su léxico correspondían al aragonés Pedro Juan de Lastanosa, experto en obras hidráulicas al servicio de Felipe II, lo que pone claramente en cuestión su autoría. Según el citado autor, queda “rigurosamente comprobado” que Lastanosa escribió el texto original a instancia de Felipe II, pero no lo pudo completar al morir en 1576, por lo que años más tarde, en 1648, cuando Juan Gómez de Mora lo reordenó e imprimió le añadió el nombre de Juanelo al título en la portada por una confusión. El texto originalmente escrito por Lastanosa circuló entre los arquitectos, ingenieros y "fontaneros mayores" de la Corte española, hasta que en el siglo XVIII se depositó en la Biblioteca Real.

No obstante, Juanelo Turriano o también denominado por algunos autores como el “Arquímedes renacentista”, además de asesorar durante años a los ingenieros del Rey en la construcción de presas y canales cuando las obras presentaban problemas orográficos, fue el creador de una de las mayores obras de la ingeniería hidráulica del Renacimiento español: el Artificio de Toledo. Se construyó en 1565 para llevar el agua desde el río Tajo a su paso por la ciudad hasta el Alcázar a casi 100 metros por encima. No se conservan apenas rastros, ya que fueron desmantelados alrededor de 1640, ni los planos, por lo que es muy difícil saber exactamente en qué consistía. El único legado del que disponemos es el elogio de escritores, viajeros y demás contemporáneos de Juanelo, por lo que solo cabe teorizar con la explicación de este artificio. La hipótesis más acertada, y compartida por la Fundación

Juanelo Turriano, fue la pronunciada por el conocido investigador D. Ladislao Reti, y presentada en 1967 en su discurso titulado “El Artificio de Juanelo en Toledo: su historia y su técnica”, y publicado en la obra colectiva “Conferencias en torno a Toledo” (Reti, 1968), en la que proponía que la propia fuerza del agua conseguía mover todo el ingenio hidráulico (ver figura 2.a). Desde el exterior sólo se veía un conjunto de torres, como se puede observar en la figura 2.b, en la que se muestra la pintura titulada “Vista de Toledo”, de El Greco (1598) que se encuentra en el Museo Metropolitano de Arte de Nueva York (Estados Unidos). Sin embargo, por dentro, un ingenioso mecanismo a base de cajones de madera iba elevando el agua por tramos, desde la base de cada torre hasta su parte más alta, torre a torre, hasta llegar al Alcázar. La Fundación Juanelo Turriano publicó en marzo de 2014 una animación en 3D del Artificio de Juanelo (Fundación Juanelo Turriano, 2014) a partir de una maqueta que en 1969 encargó la Diputación de Toledo partiendo de la visión de Ladislao Reti, y que todavía se encuentra en sus dependencias (ver figura 2.c).

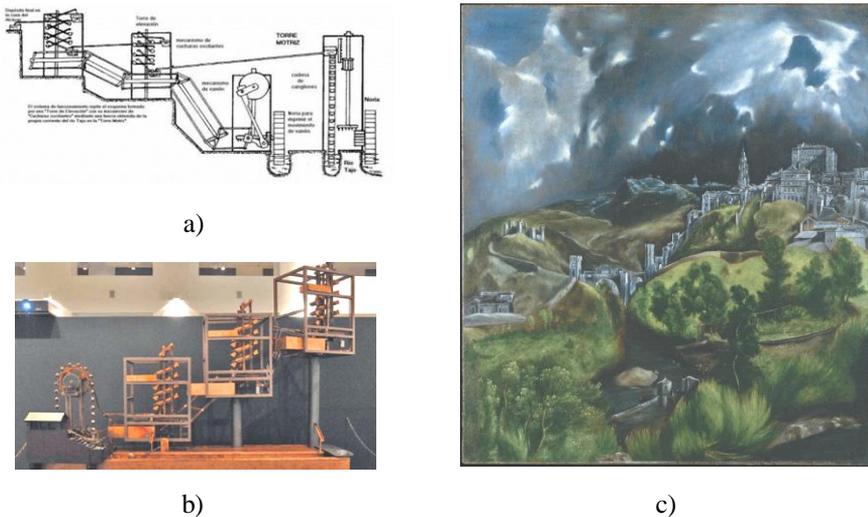


Figura 2. Artificio de Toledo: a) Esquema realizado por Ladislao Reti en 1967, b) Maqueta situada en las dependencias de la Fundación Juanelo Turriano, c) Vista de Toledo, de El Greco (1598).
Museo Metropolitano de Arte de Nueva York, Estados Unidos

Pero fuera de toda hipótesis, la construcción del Artificio en Toledo fue algo excepcional, ya que hasta entonces nada parecido se había

hecho en el mundo. Era visita obligada de viajeros e incluso los ilustres de la época la incluyeron entre sus escritos. Sin embargo, aunque se estima que el Artilugio suministraba a la ciudad una vez y media más caudal de lo pactado, la ciudad de Toledo no quiso pagar la renta que convino en su contrato, ya que Juanelo no consiguió que el agua saliera del Alcázar. Finalmente, Juanelo murió en 1585 completamente arruinado (Lerma y Álvaro, 2019).

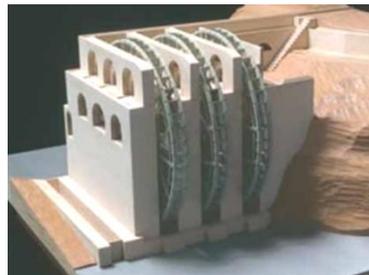
Otra obra singular, pero esta vez situada en el cauce del río Guadalquivir, son las “Grúas de El Carpio” que consisten en grandes azudas que usan ruedas de paletas provistas de cangilones para poder elevar agua (ver figura 3) para el riego de huertas en las que su topografía especial impide el riego por gravedad.

Aunque la tradición popular atribuye su autoría a Juan de Ávila, por ser su construcción coetánea con los últimos años su vida, estas son obra del ingeniero hidráulico italiano que trabajó para Felipe II, Ambrosio Mariano Azaro de San Benito (1510-1594). El hecho de que Azaro participara en el Concilio de Trento como teólogo secular, que fuese ermitaño y que se hiciera carmelita descalzo bajo la influencia de Teresa de Jesús, podrían explicar el por qué pueden haberse atribuido en algún momento las Grúas de El Carpio a Juan de Ávila (Rincón González y Manchón Gómez, 2014).

Sin embargo, no existe una razón de peso que los relacione, aunque su construcción es coetánea con los últimos años de vida de Juan de Ávila. Pero sí es cierto que una buena parte de las construcciones hidráulicas de la época se debían a promociones privadas por parte de órdenes religiosas que obtenían importantes ingresos para ayudar a sufragar sus grandes proyectos.



a)



b)

Figura 3. Las Grúas de El Carpio.

a) Vista (Fotografía de Javier Pastoriza Muñoz, 2021, https://facebook.com/pastoriza.fotos/posts/3021655961414020?comment_id=3021667804746169/)

b) Maqueta (www.juntadeandalucia.es)

Dos obras interesantes, y que después se utilizarán para explicar los artilugios de Ávila, son el tratado de máquinas de título “Le Diverse et Artificiose Machine”, escrito por el ingeniero Agostino Ramelli y publicado en París (Ramelli, 1588), y el libro escrito por el alemán George Bauer (1494-1555), coetáneo al maestro Ávila, que lleva por título De ”Re Metallica”, más conocido por su apodo de Agrícola (Agrícola, 1621).

Una parte de los dibujos de Ramelli son ingenios tradicionales movidos mayoritariamente por rodeznos y ruedas de paletas, sin embargo, en la lámina 38 (Fig. 4.a), Ramelli utiliza una rueda de cangilones o rueda gravitatoria, como los utilizados en Agrícola, en el grabado 73 (Fig. 4.b) donde se ve un molino de viento convencional accionando un rosario de bolas para elevar agua, o las láminas 95 y 96 (Figs. 4.d y c, respectivamente), en las que su importancia radica en que las ruedas motrices mueven cucharones o cazos que elevan el agua vertiéndola de uno a otro. Mientras que el artilugio de la lámina 95 (Fig. 4.d) es el que más se asemeja a la descripción que, según de la Escosura (1888), hizo Ambrosio de Morales del Artificio de Toledo en su Libro de las Antigüedades de España IX, 22, Toletum Tagus (Morales, 1575), el artilugio de la lámina 96 (Fig. 4.c) es en el que se basó Reti para explicarlo en 1968. Aunque Ambrosio de Morales, amigo de Juanelo, pudo ver la pequeña maqueta que este construyó para convencer al pueblo de la validez de su idea, y detalló su funcionamiento por escrito, Escosura solo pudo intuir el artilugio al que se asemejaba. Sin embargo, Reti contó con varios grabados de la época y con documentación fundamental que describía el funcionamiento de las máquinas de Toledo realizada por viajeros que vieron los artificios funcionando, como Sir Kennelm Digby, Diplomático y filósofo inglés (1603-1676), que en su obra “Two Treatises”, realiza la descripción (Soto y Martínez-Burgos, 2018).

En el libro VI de *Agrícola*, se estudian los ingenios para achicar el agua de las minas, dominando las ruedas motrices de cangilones o ruedas gravitatorias, que eran muy utilizadas en la minería y metalurgia porque su rendimiento era superior. Según Gonzalez Tascón (2020), son de gran interés las máquinas de elevar agua sin la acción humana o de bestias de tiro, como son los ingenios de ruedas gravitatorias y bombas de encañados (ver figura 5. a, b, y c) págs. 142, 147, 148) o el sistema propuesto de elevar agua muy curioso (figura 5.d, p. 149) formado por una gran rueda gravitatoria con doble

disposición de arcaduces, de manera que puede detenerse el giro de la rueda con facilidad cuando el torno que eleva el agua llega a la superficie.

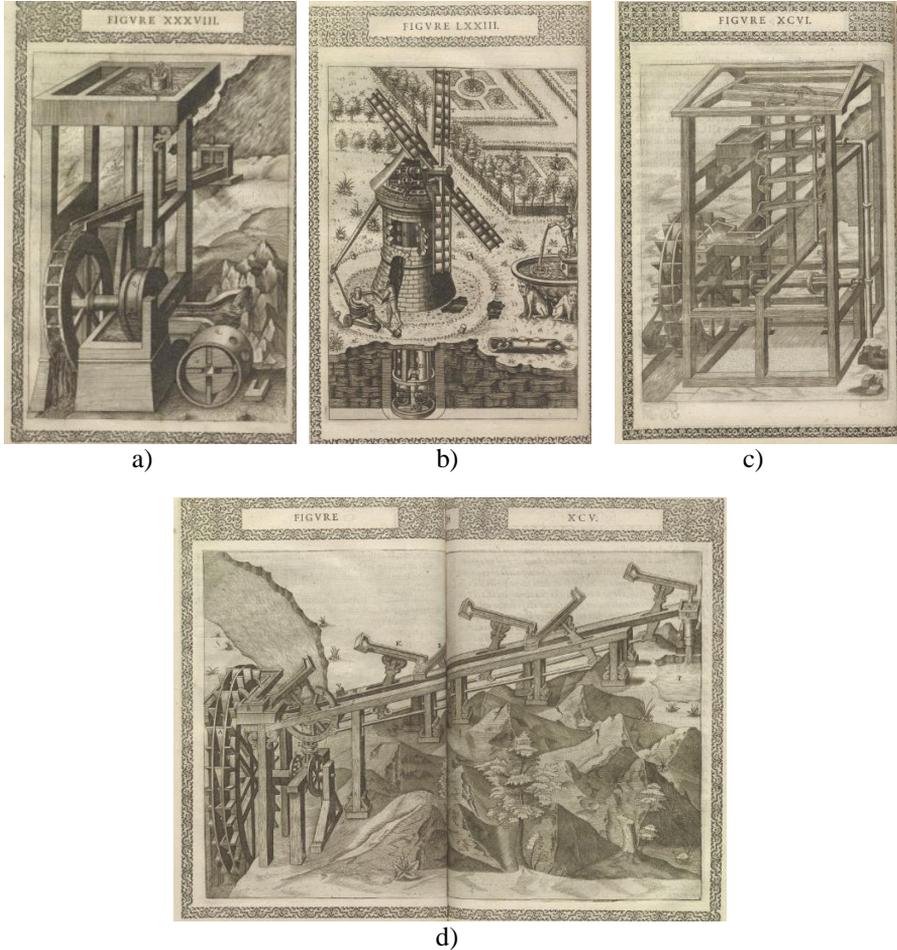
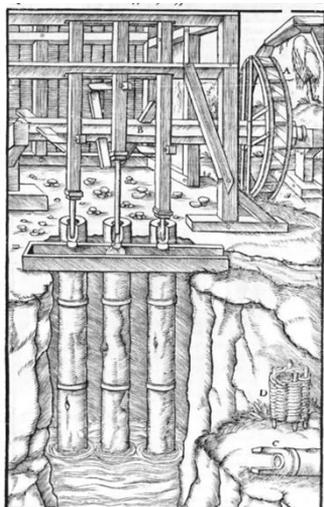


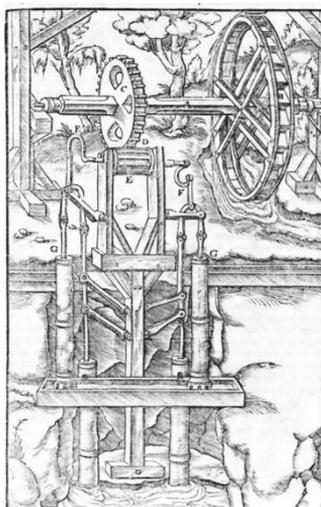
Figura 4. Láminas de la obra de Ramelli:
a) lámina 38, b) lámina 78 c) lámina 96, d) lámina 95
(Fuente: Science History Institute Digital Collections
<https://digital.sciencehistory.org/works/4b29b614k>)

Otra de estas obras fue escrita por el matemático e ingeniero francés Jean Errard, titulada “Le Premier Livre des instruments mathématiques mécaniques” (Errard, 1584). En el grabado que se muestra en la figura 6.a se muestra un artificio muy utilizado en el

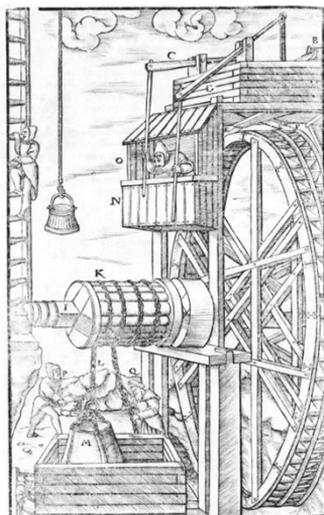
siglo XVI para elevar el agua a alturas moderadas, mientras que la figura 6.b muestra una rueda para elevar agua dispuesta de una manera absurda. Este es uno de muchos ejemplos de máquinas irrealizables publicadas en estos tratados, y que nunca debieron llevarse a cabo.



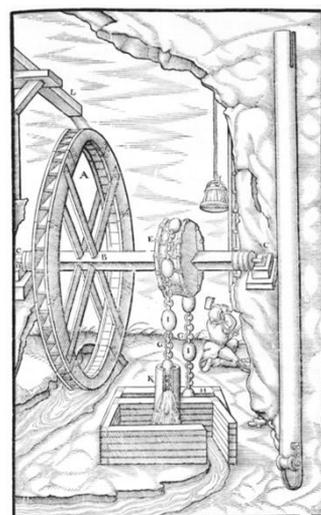
a)



b)

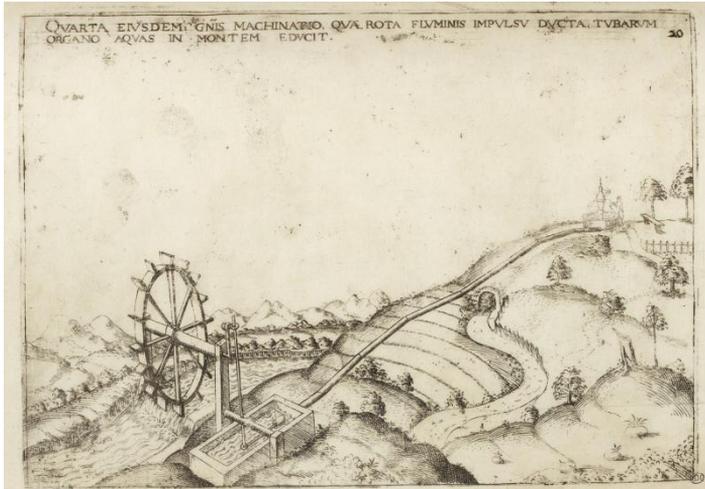


c)



d)

Figura 5. Láminas de la obra de Agricola:
a) página 142, b) página 147, c) página 148, d) página 149
(Fuente: Biblioteca Nacional de Francia
<http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb30005195c>)



a)



b)

Figura 6. Le Premier Livre des instruments mathématiques mécaniques:
a) Artificio para elevar el agua a alturas moderadas, b) Máquina irrealizable
(Fuente: Biblioteca Nacional de Francia
<http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb437046508>)

No podemos terminar este epígrafe sobre ingenios del renacimiento, sin hablar sobre Jerónimo de Ayanz, uno de los últimos representantes de ingeniero e inventor anterior a la revolución científica y a la industrial (García Tapia, 1996b). Nacido en 1553, y

gracias a pertenecer a una familia noble española, tuvo el privilegio de estar al servicio del rey Felipe II, en su juventud como paje, y en su madurez como militar. Durante su etapa en la Escuela de Matemáticas para pajes de la Corte española, pudo estudiar los principios de esta ciencia que luego amplió con la lectura de numerosos ejemplares de la Biblioteca Real. Gracias al cargo que ocupó como administrador de minas aportó más de cincuenta invenciones, entre las que se encuentran anticipaciones de las máquinas que serían, siglos después, la base de la revolución industrial (García Tapia, 1990b). Tal como explica García Tapia (1996b), muchas de las soluciones mecánicas de Ayanz coinciden con las de Leonardo, pero a diferencia de este, procuró que sus máquinas funcionasen, obteniendo la correspondiente patente para la explotación de sus invenciones.

4. Los privilegios reales o protección intelectual de los inventos

Aunque la verdadera revolución tecnológica llegó en el siglo XVIII, es cierto que en España, en especial en época de Carlos V y de Felipe II, se produjo un florecimiento tecnológico inmenso que se tradujo en un gran avance en ese campo. Por esta razón, hubo una gran afluencia de técnicos europeos a la Corte, pero también fue alto el número de “inventores” que trabajaban de forma autodidacta, entre los que podría estar el maestro Juan de Ávila.

Estos inventores se preocupaban de que sus inventos no se copiasen para su uso fraudulento, por lo que surgieron ciertos mecanismos de protección de estos. Se sabe que se establecieron formas de reconocimiento en Florencia, y en Venecia en el siglo XV. Más tarde, en España, se instauraba la autoría de invención de un artilugio mediante las Cédulas de Privilegio Real, en las que además se otorgaba su explotación en el reino, en ultramar y en otros lugares que se indicaran, durante un tiempo determinado, así como las penas establecidas en caso del uso fraudulento de las mismas. Se emitían tres ejemplares, firmados por el rey, que se quedaban el interesado, la Corona y el último se archivaba (García Tapia, 1990a).

No era sencillo obtener las Cédulas de Privilegio Real, ya que una comisión de expertos de gran prestigio y seriedad en la materia de que se tratase, verificaban la utilidad de los ingenios y emitían un informe favorable en el que se desarrollaba la viabilidad técnica y la seguridad jurídica de que no existían otros inventores anteriores que hubieran propuesto el mismo ingenio. Todo este procedimiento aseguraba que

la concesión de un privilegio real en la España del Siglo de Oro era garantía de la importancia de la invención, y por ello, solo se concedieron 33 en el siglo XVI, cuyas descripciones se conservan en el Archivo de Simancas, tal como describe García Tapia (1990 b).

Entre los 33 inventores renacentistas que aparecen en el Archivo de Simancas, se encuentra Pedro Juan de Lastanosa con su invento del molino accionado por pesas. Pero también se encuentra Antón Ruiz Canalejo, presunto inventor de cuatro ingenios novedosos para elevar las aguas de su nivel de base que son “Balanza de Cajas”, “Alentador de Aguas Muertas” (ambos inscritas en 1550), “Supleviento” y “Prudentes Maneras” (ambos inscritos en 1551).

Realmente, este “inventor” fue comisionado en 1550 por Juan de Ávila para que se desplazase de Córdoba a la Corte y así solicitar los privilegios reales de sus inventos, sin embargo, los registró a su nombre robándole así la autoría. Y tal como González Tascón (2002) descubre, tan pronto su verdadero inventor tuvo constancia de ello, y teniendo en cuenta que no recibiría los ingresos de la explotación de sus inventos, litigó hasta que finalmente se le reconocieron sus derechos en sentencia de 5 de diciembre de 1551. Los documentos de dicho litigio se encuentran en el Archivo de Protocolos de Córdoba.

5. La documentación archivística: protocolos de Simancas y de Córdoba

A pesar del desconocimiento e intento de varios autores como García Tapia, González Tascón o Velázquez Soriano por averiguar algo sobre de la faceta de inventor de Juan de Ávila, la tarea resulta imposible ya que al igual que ocurre con los demás inventos españoles del siglo XVI, la descripción de estos es deliberadamente oscura y carece de planos, croquis o dibujos, realizándose solo una escueta descripción.

Del Libro de Cédulas, nº 49, que se encuentra en el Archivo de Simancas, se puede deducir que las máquinas de Juan de Ávila debieron ser importantes, innovadoras y de gran transcendencia, ya que aunque en un principio se le concedió una licencia de 15 años, en poco tiempo consiguieron una prórroga de otros 25. Salvo alguna concesión de por vida, como la otorgada a Guillermo Cabier en 1522 por un navío “para navegar con calma” o la licencia de explotación de 50 años otorgada a un grupo de seis inventores por una pasta para combatir el molusco teredo navalis, terriblemente dañino para las

embarcaciones, los 40 años de explotación otorgados a los inventos de Ávila (los mismos, por cierto, que los concedidos al molino de pesas de Lastanosa), son otra prueba de su importancia.

Como bien destaca Velázquez Soriano (2014), en los cuatro documentos que se encuentran en el Archivo de Protocolos de Córdoba, en los que Ávila litigaba contra Ruiz Canalejo por la autoría de los ingenios, no se ofrece una descripción de los ingenios (González Tascón, 2002). Los dos primeros protocolos están fechados el 4 de marzo de 1552, en los que Antón Ruiz Canalejo actúa en primera persona contando el pleito presentado por Ávila para el reconocimiento de la autoría de sus ingenios. En estos protocolos se relacionan una serie de documentos relativos a los procedimientos seguidos, siendo uno de ellos la renuncia de Ruiz Canalejo a sus privilegios en diciembre de 1550, aunque sin conocimiento de Ávila. Esto podría ser la demostración de que no había habido mala intención por parte del primero, pero en marzo de 1551 inscribe otros dos ingenios, lo que hace pensar a la investigadora Velázquez Soriano que, *“salvo que haya algún hecho desconocido entre la escritura pública de renuncia y la nueva solicitud de prórroga, quedan en entredicho la buena voluntad de Ruiz Canalejo y las razones y circunstancias de por qué lo hizo”*.

Otro dato sorprendente, sigue argumentando la citada investigadora, es que tal como aparece en el segundo protocolo, Ávila comisionó a Ruiz Canalejo para que registrara los ingenios a nombre de una tercera persona Bartolomé Álvarez. Finalmente, en los protocolos tercero y cuarto, concede licencia de uso de los ingenios a Ruiz Canalejo, incluso otorga poder para que éste le conceda licencia a terceras personas y que cuando lo haga, en ningún momento se haga en su nombre y que éste no figure en los documentos ni se diga que él es el inventor de los ingenios. Por último, del protocolo 4, firmado al día siguiente que los otros tres (marzo de 1552), se desprende que Ruiz Canalejo va a encaminarse a la Corte a enseñar las maquetas de los ingenios (aunque ya lo debió hacer con anterioridad para su estudio) y que Juan de Ávila se compromete a pagarle todos los gastos del viaje, y además, también se compromete al reparto de los beneficios a medias entre los dos, si los ingresos no superan los 6.000 ducados anuales, quedando el excedente, si se supera esta cantidad, a favor de Juan de Ávila.

Se desconoce qué pasó y los textos no aclaran si llegaron a construirse los ingenios, pero lo que parece claro, según Velázquez

Soriano, es que la condición de sacerdote y su actividad espiritual le impedían o desaconsejaban a Juan de Ávila figurar públicamente como inventor de los ingenios.

6. Los artilugios hidráulicos del Maestro Ávila

Tal como expresan Rincón González y Manchón Gómez (2014) si las facetas de teólogo, predicador y asceta no hubiesen eclipsado y minimizado la obra hidráulica de Juan de Ávila, posiblemente la investigación hubiera profundizado en este aspecto tan desconocido. Así se desprende de las conclusiones del Congreso Internacional “El Maestro Ávila” celebrado en Madrid en 2000 (Moreno, 2000) donde no solo se presentó una única comunicación que abordaba dicha actividad, si no que es una de las contribuciones más importante al estudio de esta faceta de Juan de Ávila.

El documento del Archivo de Simancas es el único en el que se hace una mínima descripción de los artificios hidráulicos atribuidos a Antón Ruiz Canalejo. A continuación, se describen tanto las descripciones como las hipótesis de funcionamiento que se desprenden de ellas.

Balanza de cajas y alentador de aguas muertas

Por quanto siendo informado que vos, Antón Ruyz Canalejo, vecino de la ciudad de Córdoba, con mucho trabajo de vuestra persona havýades hallado un yngenio que llamáis balança de caxas y alentador de aguas muertas, para subir agua en qualquier altura por caño y arcaduces, assí de ríos como de arroyos, estanques, pozos y para hazer qualquier género de molinos, batanes y herrerías, rregadíos de huertas, viñas, arboledas y panes y otras qualesquier cosas que con agua se han de hazer, sin costa de torres, ni arcos, ni otro edificio; ... (descripción que se realiza en el Archivo de Simancas)

García Tapia (1994), a partir de esta breve descripción, le lleva a considerar que la balanza de cajas y el alentador de aguas muertas son un solo artificio. Opina que la balanza de cajas podría ser un precedente del ingenio de Juanelo Turriano, ya que podría consistir en un mecanismo similar a una balanza con dos recipientes o cajas en sus extremos que, al oscilar, van pasándose el agua de un extremo al otro y luego, por etapas sucesivas, a otras balanzas situadas más arriba, como se muestra en la figura 7. Sin embargo, González Tascón (2002) señala que la balanza de cajas se trataba de una bomba de rosario de

bolas o de pistones que servía para subir el agua a cualquier altura, sin precisar la fuerza motriz. Mientras que el alentador de aguas muertas podría ser una máquina de achique, del tipo de los tornillos de Arquímedes, que ya fueran utilizadas para desecar las aguas muertas del pantano donde se levantó la Alameda de Hércules en Sevilla, lo que no añadiría ninguna innovación.

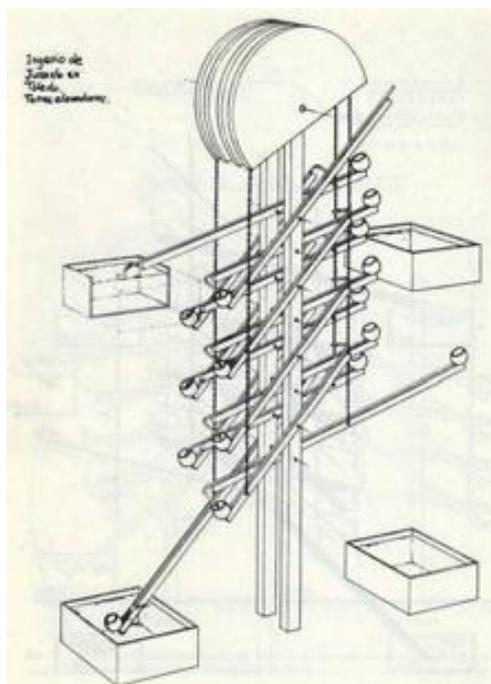


Figura 7. Reconstrucción del Artificio de Juanelo Turriano, según García Tapia.
Dibujo de J. Ramos. Foto: García Tapia, 1987.

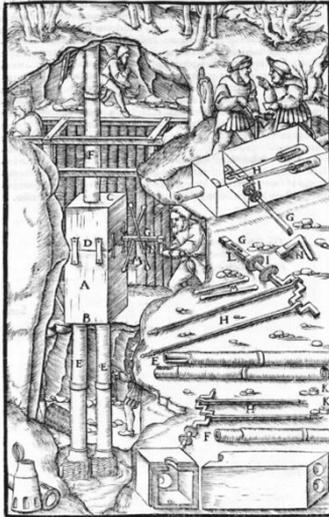
Velázquez Soriano (2014) opina que, al igual que García Tapia, se refiere a un único ingenio, o bien la descripción se refiere fundamentalmente al segundo de ellos, es decir, al alentador de aguas muertas, salvo que uno y otro ingenio pudieran ser complementarios entre sí. No cabe pensar que los ingenios sean molinos (de sangre, cubo, regolfo, etc.) o algún tipo de maquinaria específica no utilizable para diversas funciones, ya que el agua procede de ríos o arroyos, pero también de estanques o pozos y puede ir destinada tanto para uso de molinos harineros, batanes, herrerías, como para regadíos o para cualquier uso en que se precise agua. No precisan de construcción de

torres, ni arcos, ni edificios, por lo que no cabe pensar en construcciones como las Grúas de El Carpio porque además, los ingenios podían construirse y explotarse por las mismas personas en diferentes lugares, en escaso tiempo y obtenerse un beneficio rápido de los mismos, como puede deducirse de los protocolos cordobeses. El nombre de “alentador de aguas muertas” no necesariamente tiene por qué referirse a aguas estancadas o quietas en sentido estricto, ya que podrían ser aguas de escaso o nulo movimiento, e incluso aguas subterráneas como bien se indica en Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas (García Tapia, 1997). La autora también explica que podrían llamarse “aguas vivas” a las que fluyen en superficie y son visibles, frente a las “aguas muertas”, que serían más propias de los estanques y pozos o de ríos con escaso volumen o de aguas subterráneas, utilizándose la balanza de cajas para las primeras, y el alentador para las segundas.

Esta autora relaciona el alentador de aguas muertas con máquinas frecuentes en la minería alemana, basadas en ruedas motrices gravitatorias y bombas aspirantes impelentes de rosario o pistones descritas por *Agricola* (1556), como las que se muestran en las láminas 139, 141, 142 y 145 (figura 8, a, b, c y d). Algunas de estas máquinas podrían ser similares a la ideada por Juan de Ávila, pero a diferencia de las anteriores, la innovación del maestro Ávila podría ser que las suyas podrían extraer agua de un pozo, pero también de un río (aguas vivas y aguas muertas), a cualquier altura, o mejor aún, que esta máquina pudiera acoplarse, o formar parte, o unirse con la balanza de cajas para alcanzar una altura superior, siendo así precedente del Artificio de Juanelo Turriano.

Pero en opinión de la misma, la balanza de Juan de Ávila se asemejaría a la lámina 96 de Ramelli que Reti cita para explicar el Artificio de Juanelo, y que se ha mostrado en la figura 4.b. Es una obra del marqués de Worcester (1663) en el que hace referencia a una balanza de agua sobre la que indica que *“Cómo subir agua a la manera de una balanza, que a más del peso del agua en los cubos, sólo será requerido el pequeño peso o fuerza necesario para dar la vuelta a la balanza. Los cubos contrapesados vierten su contenido el uno en el otro, el cubo más alto vacía su agua mientras que el más bajo de todos se llena, y eso puede hacerse aun si la altura fuera de cien brazas”* (traducción de Reti, 1968).

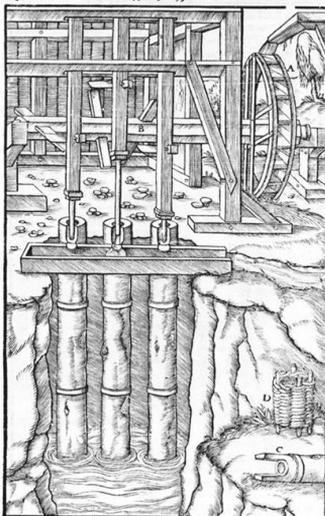
Hay que tener en cuenta que Juanelo Turriano comenzó a construir su Artificio de Toledo en 1563, la obra de Ramelli se publicó en 1588, mientras que Juan de Ávila inscribió sus máquinas hidráulicas en 1550.



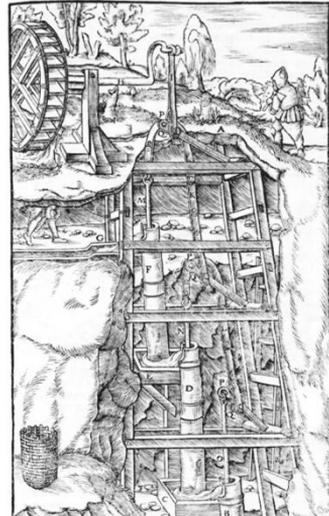
a)



b)



c)



d)

Figura 8. Láminas de la obra de Agricola:
a) página 139, b) página 141, c) página 142, d) página 145
(Fuente: Biblioteca Nacional de Francia
<http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb30005195c>)

Suplevientos y prudentes mañas (o maneras)

... El uno, que nombráys supleviento, que sirve para correr mucho el agua sin corriente ninguna, y pasarla por cima de peñas y montes, sin rromperlos y desaguar minas. El otro yngenio, que se dice prudentes mañas, para sacar agua de pozos y anorias sin movedor y con él, y sin rruedas ni arcaduces o como la nuestra merçed fuesse... (descripción que se realiza en el Archivo de Simancas)

Por la breve descripción de estas dos máquinas, Velázquez Soriano (2014) sugiere que son mucho más especializadas y de función más concreta, y podrían servir específicamente para actividades de la minería. Esto concuerda con el hecho de que los padres del Maestro Ávila, Alonso de Ávila y Catalina de Xixón, eran propietarios de una mina de plata en Sierra Morena, por lo que Juan de Ávila estaría familiarizado con el trabajo desarrollado en ellas. Además, en 1547, tres años antes de la invención de sus ingenios, visita las minas de Almadén con sus discípulos, quedándose impactado al ver las miserables condiciones de trabajo y vida de los mineros que allí trabajaban. En opinión de la autora, tanto el nombre de este ingenio como el del ya comentado alentador de aguas muertas, son máquinas de presión para subir el agua, como la ya vista en la lámina página 139 de Agricola (figura 8.a), en la que el agua es aspirada por dos tuberías, impulsada por un sistema de pistones que se elevan alternativamente por medio de un berbiquí accionado por una manivela, hasta un recipiente estanco y desde allí es reconducida por otra tubería hacia la parte alta de la mina, hasta la canalización de la galería. En el caso del alentador de aguas muertas se especifica que se trata de una máquina para desaguar minas.

Podría parecerse a un tipo de ingenios de gran éxito en la ingeniería minera alemana, y del que González Tascón (1987) hace referencia, y que consiste en un ingenio de cazos o cucharones, pero en la que los cucharones están en ladera y no en torreta y que permite que el agua suba mediante un mecanismo de bielas de unos cazos a otros, trasladándose a través del terreno. En este sentido, hace referencia al sistema denominado “Stangenkunst” (traducido del alemán “Arte del poste”), utilizado en minería para recorrer ciertas distancias con el fin de conseguir llegar a caídas de agua no demasiado cercanas a las minas, y que consistían en “una serie de bielas en movimiento alternado que transmitía la energía de la rueda movida por una corriente de agua hasta la boca del pozo, donde accionaba los

pistones de la bomba”. En la figura 9 se muestra un artilugio de “Le Premier Livre des instruments mathématiques mécaniques” (Jean Errard, 1584) en el que la transmisión de potencia se realiza a través de una sola barra suspendida, que nos recuerda al dibujado en la lámina 95 de Ramelli (Figura 4.a).

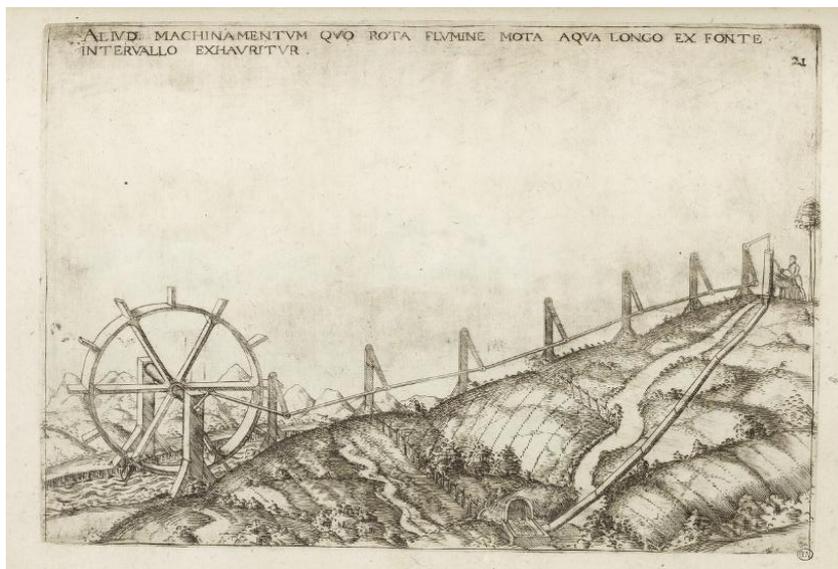


Figura 9. Le Premier Livre des instruments mathématiques mécaniques: Artilugio para la transmisión de potencia que se realiza a través de una sola barra suspendida (Jean Errard, 1584).

En cuanto al ingenio prudentes mañas o maneras, González Tascón (2002), afirma que es difícil conjeturar a partir del nombre del ingenio, pero que, al servir para sacar agua de los pozos, podría ser un dispositivo de cazos o cucharones movido a mano, del tipo de los diseñados por Juanelo Turriano. Velázquez Soriano (2014), sin embargo, establece una relación entre el significado del nombre y su funcionamiento. Así, ‘prudente’ es ‘previsor, de buen entendimiento, inteligente’, es el que obra con conocimiento de causa y competencia, de hecho, el apodo que recibió Felipe II de “Rey Prudente” o prudens (en latín) es también el entendido, el perito y buen conocedor. Mientras que ‘mañas o maneras’ debe entenderse aquí como ‘habilidad o destreza’, y también puede significar ‘artificio o astucia’. Por lo tanto, la autora entiende que Ávila se estaría refiriendo a un

sistema o ingenio eficaz y práctico, que debía resultar bastante adaptable en cuanto a la fuerza motriz que lo impulsara, permitiera la elevación del agua y que no fuese de especial envergadura, dado que no precisaba de ruedas ni arcaduces. Como dice la descripción encontrada en el archivo de Simancas, el ingenio servía para “sacar agua de pozos y anorias”, es decir, de un tipo de pozo del que se saca agua precisamente por medio de norias, “*con movedor*”, esto es, con la fuerza motriz animal, humana, del viento o de la hidráulica, o “*sin movedor*”, refiriéndose a por presión (tal como hipotetiza García Tapia, 1990a). No llevaba ni ruedas ni arcaduces, por lo que no debía ir acompañada de norias, ni azudas, ni ruedas gravitatorias o de otro tipo, salvo que la frase final “*o como la nuestra merçed fuesse*” podría indicar que también se podía acoplar algún tipo de rueda.

Un intento por explicar el invento de Ávila es acercarse a las máquinas que se usaban en la época, como las citadas en *Agricola*, en concreto las páginas 141 y 142 (Figura 8.b y 8.c). En estas máquinas, muy similares entre sí, el propio autor las compara, indicando que una de ellas necesita de la fuerza de hombres robustos (lámina 141), mientras que en la otra se sustituyen por una rueda hidráulica (lámina 142), lo que podría significar el hecho de usar o no movedores, como indica el maestro Ávila.

Sin embargo, y ya, por último, la posibilidad de no usar movedor sugiere un sistema de presión, tal vez similar al que describe cincuenta años después Jerónimo de Ayanz en su patente de invención, fechada en 1606, basado en el sistema del sifón, y cuyo funcionamiento García Tapia (1990a) describe y explica. En la figura 10 se puede ver el esquema que realizó Ayanz, completado por García Tapia, para desaguar las minas e intercambiar el agua sucia por agua limpia. Tiene forma de U invertida, en el que la llave situada en (a) permite cebar el sistema. Un ingenioso y complejo sistema de gestión de las llaves de paso hace que se eleve el agua desde el pozo de la mina hasta las cubetas g y h utilizando únicamente la presión atmosférica y la fuerza de arrastre del agua sucia al pasar por el depósito 1 hasta el pozo de salida. Como bien dice García Tapia, el sistema no deja de ser ingenioso, pero se le puede reprochar las complicadas operaciones de abertura y cierre de llaves, que requerirían un operario muy atento a ellas, ya que cualquier error significaría la mezcla del agua sucia con la limpia e incluso la interrupción del flujo de agua.

6. Conclusiones

El Maestro Juan de Ávila, uno de los 34 Doctores que tiene la Iglesia, es una de las figuras centrales y representativas del siglo XVI, destacando por su santidad de vida, por sus numerosos escritos y por su escuela sacerdotal. Sin embargo, las facetas de teólogo, predicador y asceta han eclipsado y minimizado su lado de científico y de inventor.

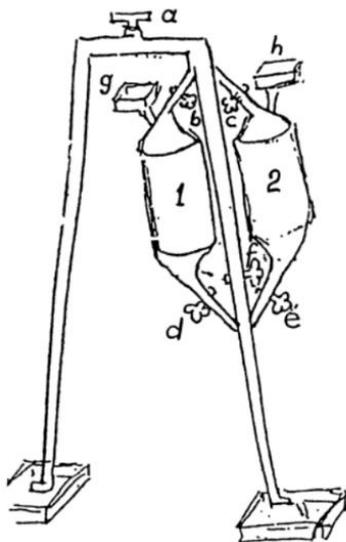


Figura 10. Sistema para desaguar las minas e intercambiar el agua sucia por agua limpia de Jerónimo de Ayanz (1606).

Puso sus grandes conocimientos matemáticos y físicos al servicio de su apostolado y una amplísima obra benéfica: desarrolló un número por ahora desconocido de inventos y consiguió privilegios reales para la explotación de cuatro de ellos. Con los beneficios el Maestro Ávila pudo atender sus obras humanitarias y de formación, especialmente entre los más desfavorecidos.

Hasta ahora solo se ha podido hipotetizar sobre cómo eran y funcionaban sus inventos, sin llegar a ninguna conclusión que pueda considerarse exacta, pero estamos convencidos de que existe mucha documentación escondida, tanto en archivos cordobeses como en el de Simancas, que dará luz sobre ellos. No obstante, las elucubraciones de otros autores tienen un gran fundamento, y no deben ir muy

descaminadas, pues enmarcan estos inventos dentro de la ciencia y técnica desarrollada en su época.

La aportación de San Juan de Ávila en este contexto científico-técnico no debe ser minimizada por comparación con su ingente obra humanística y pastoral, más bien realza la figura de un hombre del Renacimiento, polímata, por tanto, que, con seguridad, significó un hito en los avances de los ingenios hidráulicos en el siglo XVI.

Y como bien recuerda García Tapia en su libro *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas de Juanelo*, atribuidos a Pedro Juan de Lastanosa (1996a), “*Los que escribieron antes que nosotros son nuestros guías, no nuestros señores. La verdad está abierta a todos y no ha sido aún totalmente alcanzada*” de Gilbert de Tournai.

7. Referencias

Agricola, Georgius, 1621. *Georgii Agricolae De re metallica libri XII, quibus officia, instrumenta, machinae ac omnia... ad metallicam spectantia non modo... describuntur, sed et per effigies... ob oculos ponuntur... Ejusdem de animantibus subterraneis liber...* Basileae.

<http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb30005195c>

Errard, Jean. 1584. *Le premier livre des instruments mathematiques mechaniques* de J. Errard de Bar-le-Duc, a tres illustre prince le duc de Calabre, Lorraine, Bar, Gueldres, &c. Imprime a Nancy par Jan-Janson, imprimeur de Son Altesse, M. D. LXXX. IIII. Avec privilege. <http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb437046508>

de la Escosura y Morrogh, L. 1888. *El artificio de Juanelo y el puente de Julio César*. Facsimil Editorial Maxtor de 2012. pp 116.

Fundación Juanelo Turriano. 2014. Animación en 3D del Artificio de Juanelo (<https://www.juaneloturriano.com/noticias/2014/03/17/video>)

García Tapia, N. 1987. Nuevos datos técnicos sobre los Artificios de Juanelo, *Anales Toledanos*, t. XXIV, 141-159.

— 1990a. Pedro Juan de Lastanosa. El autor aragonés de "Los veintiún libros de los ingenios". Instituto de Estudios Altoaragoneses. Huesca.

— 1990b. *Patentes de invención españolas en el Siglo de Oro*. Oficina de Patentes y Marcas. Ministerio de Industria y Energía. Madrid.

- 1996a. Los veintinueve libros de los ingenios y máquinas de Juanelo, atribuidos a Pedro Juan de Lastanosa. Diputación General de Aragón. 279 p.
- 1996b. Ingeniería del agua en los códices de Leonardo y en los manuscritos españoles del siglo XVI. *Ingeniería del Agua*, 3 (2): 16-38.
- 1997. Ingeniería y arquitectura en el Renacimiento español. Universidad de Valladolid.
- González Tascón, I. 2002. “Los ingenios hidráulicos del maestro Juan de Ávila” en *El Maestro Ávila. Actas del Congreso Internacional (Madrid, 27-30 noviembre 2000)*, Madrid, Conferencia Episcopal Española, 2002, 341-372.
- Lastanosa, P.J. de. 1648. Los veintinueve libros de los ingenios y de las máquinas. Disponible en abierto en Biblioteca Nacional de España (edición digital).
- Lerma, R. y Álvaro, L. 2019. El ingenio de Juanelo Turriano. *Ingeniería y humanidades. Ingenieros en la historia. Técnica Industrial* 322. pp. 92-94.
- Morales, A. 1575. Las antigüedades de las ciudades de España. Alcalá de Henares. Disponible en abierto en Biblioteca Nacional de España (edición digital).
- Ramelli, Agostino. 1588. *Le Diverse Et Artificiose Machine Del Capitano Agostino Ramelli*. Paris, France.
<https://digital.sciencehistory.org/works/4b29b614k>.
- Reti, L. 1968. El Artificio de Juanelo en Toledo: su historia y su técnica. En: *Conferencias en torno a Toledo*. Diputación Provincial de Toledo.
- Ribera Blanco, J. 1984. Juan Bautista de Toledo y Felipe II. La implantación del clasicismo en España. Universidad de Valladolid.
- Rincón González, M^a D. 2013. “Humanista”, en M^a E. González Rodríguez (Ed.), *San Juan de Ávila, Doctor. Magisterio vivo*, Madrid, B.A.C. Estudios y Ensayos Espiritualidad, 2013, 3-23.
- Rincón González, M.D. y Manchón Gómez, R. 2014. El maestro Juan de Ávila (1500?-1569): un exponente del humanismo reformista. Coord. por María Dolores Rincón González, Raúl Manchón Gómez [Salamanca]: Universidad Pontificia de Salamanca; [Jaén]: Grupo de Investigación "Humanismo

- Giennense", Universidad de Jaén, 2014. ISBN 978-84-7392-835-9.
- Sala Balust, L. y Martín Hernández, F. 2007. "Estudio biográfico" en San Juan de Ávila, Obras Completas. Nueva edición crítica, introducciones, edición y notas de L. Sala Balust y F. Martín Hernández, vol. I, Audi, filia – Pláticas, Tratados, Madrid, B.A.C. Maior 64, 2007, 3-373.
- Soto Caba, V. y Martínez-Burgos García, P. 2018. *Toledo. Imágenes de Agua y Tierra*. Archivo Secreto, núm. 7, pp. 254-270.
- Velázquez Soriano, Isabel. 2014. *El maestro Juan de Ávila (1500?-1569): un exponente del humanismo reformista*. En Juan de Ávila: magister et artifex. Sus ingenios hidráulicos y una posible relectura de algunas notas biográficas. Coord. por María Dolores Rincón González, Raúl Manchón Gómez, pp. 473-520.

«... creo que es de gran interés para todos los profesionales dedicados a las ciencias de la visión en especial y, en general a cualquier persona culta, en especial si es cordobés, conocer la gran aportación a la humanidad del español y cordobés Benito Daza de Valdés, autor del primer tratado en el mundo sobre lentes correctoras de los defectos de refracción.

No se conoce ningún inquisidor que haya hecho tanto en beneficio de la humanidad.»

Fuente: Gallardo Galera, José María: "Benito Daza de Valdés: Un inquisidor visionario". En: *Científicos cordobeses de ayer y de hoy*. Real Academia de Córdoba. Córdoba, 2021, p. 146.

