

INGENIERÍA DEL AGUA EN LOS CÓDICES DE LEONARDO Y EN LOS MANUSCRITOS ESPAÑOLES DEL SIGLO XVI

Nicolás García Tapia

Departamento de Ingeniería Energética y
Fluidomecánica de la Universidad de Valladolid

RESUMEN: Se presenta en este artículo una investigación sobre la presencia de los códigos de Leonardo da Vinci en España durante los siglos XVI y XVII, que fueron traídos por Pompeo Leoni desde Milán a instancias del rey Felipe II. Al menos dos de ellos estuvieron posteriormente en poder de un curioso personaje llamado Juan de Espina. Esto permite suponer que varias de las ideas de Leonardo pudieron llegar a los científicos e ingenieros de la Corte española. Con esta hipótesis, se hace un análisis comparativo entre algunas notas sobre hidráulica en los códigos de Leonardo y los escritos españoles del siglo XVI sobre el mismo tema, cuyos elementos comunes parecen reforzar la teoría precedente.

LEONARDO DA VINCI. PROTOTIPO DEL INGENIERO-ARTISTA

En la época de Leonardo da Vinci, la ciencia, el arte y la técnica formaban un todo difícilmente deslindable para los humanistas, singularmente para aquellos que compaginaban sus ocupaciones artísticas con las de la ingeniería. Es el tipo de hombre renacentista que hemos denominado "*ingeniero-artista*", que se dio frecuentemente en la Italia de los siglos XV y XVI. Aparte de Leonardo, podrían citarse los nombres de Francesco di Giorgio Martini, Leon Batista Alberti, Filippo Brunelleschi, Miguel Angel Buonarroti, Andrea Palladio, Rafael Sanzio, los Sangallo, Sebastiano Serlio, y otros muchos artistas, arquitectos e ingenieros italianos.

La figura del "*ingeniero-artista*" no fue exclusiva de Italia. En el caso español, se dio a partir del siglo XVI procedente de Italia, a través de ingenieros y artistas que se habían formado en las posesiones de la

monarquía hispánica en la península italiana. Diego de Siloe y Berruguete son ejemplos tempranos de artistas formados en Italia. Muchos españoles les siguieron: el más influyente fue Juan Bautista de Toledo, formado con Miguel Angel en Roma, ingeniero en Nápoles y luego arquitecto del Real Monasterio de El Escorial. (Ribera Blanco, 1984). Toledo formó grandes ingenieros y arquitectos españoles, como Juan de Herrera que concluyó el Escorial y creó a su vez una Academia de Matemáticas y Cosmografía al amparo de la poderosa Corte de Felipe II en Madrid. (Vicente Maroto, Esteban Piñero, 1991). Importante para el desarrollo de la ingeniería hidráulica española fue Pedro Juan de Lastanosa, un aragonés formado en Italia y autor de un extenso tratado sobre el agua, cuya relación con algunas notas de Leonardo vamos a examinar posteriormente.

Varios "*ingenieros-artistas*" llegaron a España a lo largo del siglo XVI, atraídos por el poder de la corona española. Algunos, como Francesco Pacciotti, los

Pueden ser remitidas discusiones sobre el artículo hasta seis meses después de la publicación del mismo. En el caso de ser aceptadas, las discusiones serán publicadas conjuntamente con la respuesta de los autores en el primer número de la revista que aparezca una vez transcurrido el plazo indicado.

Antonelli, Calvi, Fratino, Spanocci y muchos otros, trabajaron como ingenieros militares. El relojero Giovanni de la Torre fue contratado por Carlos V y españolizado con el nombre de Juanelo Turriano. Hizo una elevación de aguas en Toledo, en cuya compleja maquinaria pueden detectarse algunos mecanismos ya estudiados por Leonardo da Vinci (García Tapia, 1990a). Amigo de Juanelo fue Pompeo Leoni al que se atribuye un busto de Turriano que aún se conserva en el Museo de Santa Cruz en Toledo. Leoni fue llamado por Felipe II para hacer trabajos en el Escorial, dirigido por el ya citado "*arquitecto-ingeniero*" Juan de Herrera. Pompeo Leoni colaboró con otros "*artistas-ingenieros*" españoles que estaban en la Corte de Felipe II. (Plon, 1887).

La importancia de la estancia de Leoni entre los españoles que trabajaron en el Escorial y en la Corte de Felipe II, es fundamental para establecer la posible conexión de algunas de las ideas expuestas en las notas de Leonardo da Vinci con las que se aprecian en las obras y en los escritos de algunos ingenieros españoles del siglo XVI y principios del XVII. En efecto, se sabe que Leoni se hizo con muchos de los códices de Leonardo da Vinci y que varias notas marginales de ellos, relacionadas con elementos mecánicos, están escritos por un español con letra del siglo XVII. Sobre ello hablaremos posteriormente, pero hay otras cuestiones previas que es preciso aclarar.

INTERES DE FELIPE II Y SUS INGENIEROS POR LOS MANUSCRITOS ITALIANOS

No es de extrañar que algunos manuscritos de Leonardo, cuyas vicisitudes vamos a aclarar luego, hayan podido estar en algún momento en la Corte española de Felipe II y en la de sus sucesores. Como posibles razones está, en primer lugar, el interés del monarca español por recoger libros y códices de varios géneros, entre ellos bastantes sobre ciencia y técnica, para formar una rica biblioteca en El Escorial y también en la Academia de Matemáticas en Madrid, donde se traducían al español libros de carácter científico del griego, del latín y de idiomas modernos como el italiano, al objeto de educar en los fundamentos de la ciencia a los ingenieros españoles de la Corte.

En este sentido hay que resaltar que Juan de Herrera, al que antes hemos aludido, pidió al embajador español en Venecia todo género de libros y manuscritos que pudiera encontrar, singularmente relacionados con la mecánica y la ingeniería. Este arquitecto e ingeniero poseía en su biblioteca particular un buen número de manuscritos relacionados con la mecánica y las máquinas. El

mismo Herrera escribió un texto titulado "*Architettura y machinas*", en el que estudia el fundamento científico de las grúas, según un método experimental basado en las medidas de pesos a elevar en una balanza, que recuerda los de Leonardo da Vinci con ciertos elementos de máquinas. (García Tapia. 1990a).

El interés de Felipe II por los libros y manuscritos que pudiera coleccionar para la biblioteca de El Escorial que estaba proyectando, condujo a la búsqueda de ejemplares raros, comprando bibliotecas enteras que pasaron a poder de la corona. En estas circunstancias es preciso analizar la llegada a España de una gran cantidad de códices de Leonardo da Vinci.

LOS CODICES DE LEONARDO EN ESPAÑA

No se conoce con exactitud el número de códices que escribió Leonardo, ya que los que han llegado hasta nosotros, con ser muchos, no representan ni siquiera la mitad de los escritos por este prolífico autor, artista e inventor.

Actualmente los códices de Leonardo se encuentran repartidos entre diversas bibliotecas de Milán, Roma y Turín, además de los existentes en el *Institut de France* de París, los varios que se conservan en Windsor y en el British Museum, así como el código Leicester, el único en manos privadas, famoso en la actualidad porque ha pasado a poder de Bill Gates, después de pertenecer a Hammer. Por ser un texto especialmente dedicado a la ciencia del agua, prestaremos a éste último la debida atención.

Mención especial merecen los dos códices, llamados Madrid I y II, que en 1965 han reaparecido en la Biblioteca Nacional. El conocimiento de estos manuscritos vicianos despertó el interés mundial hacia las circunstancias de la llegada de los códices a España. Vamos a intentar resumir lo que se conoce sobre la historia de los manuscritos de Leonardo en España, aportando nuevos datos por nuestra parte, producto de investigaciones que aún tenemos en curso. (Corbeau, 1964; Reti, 1968; García Tapia, 1995).

Muerto Leonardo da Vinci en 1519, sus pertenencias y escritos pasaron a su discípulo preferido Francesco Melzi quien llevó los códices de su maestro a la villa de Vaprio de Adda, cerca de Milán, donde los conservó cuidadosamente.

Después de la muerte de Francesco Melzi, ocurrida en 1568, su tercer hijo Orazio, que era entonces el jefe de la familia, ignorante del valor y del interés de los

libros escritos por Leonardo, los relegó al ático de la villa paterna, a la merced de posibles deterioros y robos. No es sorprendente que el preceptor de los hijos de Melzi, Lelio Gavardi, se apropiase de trece códices de Leonardo que intentó vender a buen precio a Francesco Maria de Medici, Gran Duque de Toscana, aunque no llegó a realizar la operación. Gavardi fue persuadido por su amigo Giovanni Ambrogio Mazenta para que se los diese, a fin de devolver a Orazio Melzi los trece libros robados, según cuenta en sus *Memorias* el propio Mazenta. Melzi no aceptó la devolución de algo que según él le estorbaba, porque tenía *"muchos más dibujos de Leonardo abandonados bajo los tejados de su casa"*.

Ambrogio Mazenta repartió entonces su botín entre sus otros dos hermanos: Guido, el mayor, recibió seis de ellos y Alessandro siete. Estos propagaron lo fácil que era hacerse con estas obras de Leonardo y la voz se corrió entre los avispados cazadores de objetos y manuscritos. Entre ellos sobresalió Pompeo Leoni, escultor áulico de Felipe II. Lo que ocurrió entonces nos interesa especialmente para comprender las causas de la posible relación entre la hidráulica de Leonardo y la de los códices españoles.

Pompeo Leoni y los manuscritos de Leonardo

Pompeo o Pompeyo, como se le llamaba en España, era hijo de Leone Leoni, famoso escultor de origen italiano al servicio de los Austrias españoles, para los que hizo notables obras de arte. Ya Leone tenía un especial interés por la obra de Leonardo y se había hecho con algunas cosas que le habían pertenecido. Pompeo Leoni, que estaba en Milán desde 1582 fundiendo las estatuas de bronce destinadas al retablo de El Escorial, se interesó por los manuscritos de Leonardo.

Según las Memorias de Mazenta, Pompeo Leoni, valiéndose de su calidad de enviado de Felipe II, prometió a Orazio Melzi "cargos, magistratura y puesto en el senado de Milán, si recuperaba los trece libros que había regalado, afín de donárselos al rey Felipe II, muy interesado en semejantes curiosidades".

Después de varias vicisitudes, Pompeo Leoni se hizo con siete de los libros en el año 1589 y con otros tres en 1603, que Orazio Melzi había conseguido que le devolviesen, alentado por las promesas de Leoni. A estos códices hay que añadir otros documentos en número no bien conocido, que, como veremos, también pasaron por las manos de Leoni y que llevó a España desde Milán. (Corbeau, 1964; Reti, 1968).

Llegado a este punto, es preciso aclarar una serie de cuestiones que no han recibido hasta ahora la debida atención por parte de los que se han ocupado de este tema:

En primer lugar, los historiadores destacan la afición coleccionista de Pompeo Leoni, al que atribuyen exclusivamente la responsabilidad de la adquisición de los códices de Leonardo, sin tener en cuenta el papel jugado por Felipe II. Sin embargo, Mazenta dejó bien claro que Leoni actuaba como enviado del rey de España y que los manuscritos eran para el monarca. Era impensable y muy peligroso que alguien se hiciese pasar por comisionado de Felipe II, sin ser cierto y, menos aún, prometer cargos en nombre del rey.

En segundo lugar, Leoni estaba endeudado en ese momento a causa de las estatuas que estaba realizando para El Escorial, que el rey todavía no había pagado, y difícilmente podía comprar unos costosos libros y dibujos de Leonardo.

En tercer lugar, revisando las cartas y otros documentos de Leoni enviados desde Milán sobre la obra del retablo de El Escorial, que se conservan en el Archivo de Simancas, he encontrado la prueba de que Pompeo Leoni actuaba en Milán como algo más que escultor del rey. En efecto, en una carta fechada el 14 de julio de 1589, que coincide con la época en la que Leoni obtiene los primeros libros de Leonardo de mano de Melzi, el escultor de Felipe II escribe por su propia mano:

"... También yo llevo a Su Majestad cosas de mucho valor y quisiera, como el vivir, que llegasen a su poder. Vuestra Merced será servido con el primero encomendarlo muchísimo al embajador de Génova, que tenga gran cuidado que se embarquen con gran consideración y cuidado..."

Se trataba de ocho cajas de las que no se dice el contenido, pero que eran más pequeñas e iban aparte de las grandes con las estatuas para El Escorial. Al contrario de las que iban destinadas a las obras de El Escorial, las misteriosas ocho cajas que Leoni encomendaba *"como el vivir"*, se entregaron directamente al rey.

En cuarto lugar, como les había prometido Leoni, los Melzi recibieron cargos y honores después de la entrega de los manuscritos de Leonardo. En efecto, he podido comprobar en documentos del Archivo de Simancas que, a principios del siglo XVII, los Melzi tenían ya el título de caballeros. A un "caballero Melzi", como se le llama en los documentos, se le nombra teniente de caballería en 1616 con una alta

renta, sin tener ningún mérito ni experiencia y al año siguiente abandonó deshonrosamente su puesto para no tener que enfrentarse al enemigo. Es indudable que Pompeo Leoni no tenía poder para nombrar caballeros a los Melzi, pero cumplió su promesa de que Felipe II les daría cargos y honores si entregaban los libros de Leonardo.

En definitiva, parece claro que Pompeo Leoni recogió gran parte de los documentos, dibujos y manuscritos de Leonardo que pertenecían a los Melzi por orden de Felipe II, y fueron enviados luego al propio monarca. Esta operación coincidía en los mismos años con la que se estaba llevando a cabo con los libros y manuscritos que pudieran estar disponibles para enriquecer las bibliotecas reales españolas y sobre todo la de El Escorial.

Por las manos de Pompeo Leoni, pero con destino a Felipe II, pasaron pues la mayoría de los códices de Leonardo. Previamente Leoni numeró los folios, al objeto de ordenar los escritos y los dibujos, llegando en algunos casos a recortar las figuras y pegarlas en forma de álbum. Este asunto fue analizado el historiador francés André Corbeau, uno de los que previno la existencia en España de los dos códices de Leonardo, que efectivamente aparecieron después en la Biblioteca Nacional de Madrid. Según este investigador:

"... Pompeo Leoni habría poseído también (aparte de los diez ya mencionados) todos los manuscritos de Leonardo que se presentan bajo forma de volúmenes, sólo con la excepción de los manuscritos C y D del Institut de France y del conjunto de hojas que forma el códice A rundel del British Museum. " (Corbeau, 1964). A todos estos manuscritos que tuvo Leoni, hay que añadir otros actualmente desaparecidos que, como dijimos, son más que los que se conservan y que posiblemente también pasaron por las manos de Pompeo Leoni. Según Corbeau, "... treinta y cinco manuscritos de Leonardo da Vinci, poseídos por Pompeo Leoni, pueden contarse en la actualidad como desaparecidos". Con ello podemos tener una idea del importante conjunto de textos y dibujos leonardianos que llegó a adquirir Pompeo Leoni para Felipe II.

He examinado los inventarios de los libros que poseyó Pompeo Leoni, realizados después de su muerte y conservados en el Archivo de Protocolos de Madrid, contabilizando en total diez y seis manuscritos de Leonardo. La explicación de esto es sencilla: Felipe II, siguiendo su costumbre, recompensaría a su escultor con una parte del botín conseguido, que son los diez y seis libros que aparecen en el inventario de los bienes de Leoni. El resto iría a parar a las bibliotecas del rey,

principalmente a la de El Escorial, salvo algunos que podrían haber sido regalados a otros personajes de la Corte.

No he encontrado aún rastros de la existencia de tales libros de Leonardo aunque, dada la imprecisión con la que se hacían los inventarios, no sería de extrañar que estuviesen bajo unos epígrafes generales que no hagan posible su identificación. La pérdida de muchos de estos libros puede deberse a los incendios que han sufrido, tanto la biblioteca de El Escorial, como la del antiguo Alcázar de Madrid. En todo caso, la reciente aparición de los códices leonardianos en la Biblioteca Nacional de Madrid, ha abierto la esperanza de nuevos hallazgos.

La suerte del resto de los manuscritos de Leonardo se conoce algo mejor. Pompeo Leoni murió en el año 1608 y sus hijos legítimos Miguel Ángel y Juan Bautista heredaron sus bienes. La muerte de este último, ocurrida en 1615, abrió un período de litigios entre sus sucesores por la posesión de sus bienes que finalmente ganó en 1621 Polidoro Calchi, casado con una hija de Leoni. A partir de esta fecha comienza la venta y dispersión de los bienes que pertenecieron a Leoni, entre ellos los códices de Leonardo que, por complejos avatares que no vamos a examinar aquí, han pasado a los lugares donde ahora se encuentran. Sin embargo, nos interesa especialmente la suerte de los dos códices de la Biblioteca Nacional de Madrid, para lo que debemos hablar de un enigmático personaje llamado Juan de Espina Velasco.

Juan de Espina y sus códices de Leonardo

Entre los que adquirieron libros de Leonardo estaba un curioso coleccionista llamado Juan de Espina. De este extraño personaje se conocen sólo algunos datos proporcionados por sus coetáneos, entre los que se encuentra el célebre escritor Francisco de Quevedo.

Juan de Espina nació antes de finalizar el siglo XVI y Quevedo le llama "caballero montañés de muy conocida calidad", lo que revela un posible origen de hidalgo cántabro. Realizó algunos servicios con las armas, aunque sus aficiones se dirigieron al estudio, singularmente de la música, reuniendo y tocando varios instrumentos. (Cotarelo, 1908).

Aparte de los instrumentos musicales, la fama de los tesoros que Espina guardaba en su casa de la calle San José de Madrid era tan grande, que excitaba la curiosidad de algunos aficionados que deseaban contemplarlos. En su domicilio se guardaban al parecer todo género de objetos extraños recogidos en diversas partes del mundo. Según algunos testigos, mecanismos

secretos hacían aparecer barcos que se deslizaban sobre mares de azogue (mercurio), luces que iluminaban misteriosamente las habitaciones de la casa y autómatas que efectuaban los más curiosos movimientos. Juan de Espina se hacía servir la comida a través de tornos para no tener contacto con la servidumbre y la imaginación popular llegaba hasta hablar de robots que estaban a su servicio, incluso de extraños fenómenos y magia negra. Se decía que a Felipe IV, en una audiencia, le dio un considerable susto haciendo aparecer un imaginario león. Quizá por esta fama de mago, Juan de Espina tuvo problemas con la Inquisición de Sevilla.

Dejando aparte algunas descripciones literarias o fantásticas de la casa de Espina, nos detendremos brevemente en la de Viencio Carducho, pintor de origen italiano, que hace una valoración menos fantasiosa de las curiosidades de Juan de la Espina, a pesar de lo cual no puede por menos de concluir que en *"muchas de ellas no pude alcanzar a entender del modo que se había obrado; y así admirado, suspendido el juicio, como lo hago de todo lo demás que ví, y lo firmo en Madrid en el dicho día, mes y año (10 de abril de 1628)."*

En su libro titulado *Diálogos de la pintura*, Carducho alaba los dos códices de Leonardo que había visto en casa de Juan de Espina y dice que el príncipe de Gales, durante su estancia en Madrid, los había querido comprar a buen precio, pero que Espina rehusó porque pensaba donarlos al rey a su muerte. En ciertas cartas de Lord Arundel, se relatan también las gestiones, fracasadas, para adquirir y llevar a Inglaterra estos libros de Leonardo en poder de Espina.

Juan de Espina murió en Madrid en la noche del 30 al 31 de diciembre de 1642. En sus últimos momentos se comportó de forma tan original como lo había hecho a lo largo de su vida. Sintiendo próxima la muerte, se dirigió sólo y por su propio pie a la parroquia de San Martín donde pidió el viático e indicó el lugar donde encontrarían sus últimas voluntades. Cuando llegaron a su casa el escribano y los testigos, le encontraron ya muerto, tendido en su cama. En efecto, en su faldriquera, como había dicho, estaban sus disposiciones escritas de su propia mano.

He tenido la curiosidad de leer este documento que se encuentra en el Archivo de Protocolos de Madrid. En el Espina escribe, entre otras cosas, que *"al Rey Nuestro Señor se ha de llevar la silla grandiosa y todo cuanto está en la cuadra donde está la silla que son muchas cajas, grandes y pequeñas y muchas curiosidades sueltas de gran primor y sabiduría, y es menester grande cuidado para que no las hurten aún las personas de más confianza..."*.

De nuevo, como con el envío de Leoni a Felipe II, se llevaron al rey, esta vez a Felipe IV, cajas de contenido secreto que no había que tocar. Además de esto, Espina regaló al monarca la riquísima colección de instrumentos de música, sus cuadros, pinturas y dibujos, entre los que quizá se cuenten los de Leonardo, aunque no se especifican.

También lega a otros personajes de la Corte objetos curiosos. Por ejemplo, al marqués de Villanueva del Río le donó una arqueta que perteneció a don Rodrigo Calderón donde tuvo todas sus joyas hasta que le ajusticiaron, y dentro de ella guardaba Espina el cuchillo con el que le degollaron, el Cristo con el que murió y la venda con la que le taparon los ojos. El resto, la casa y el mobiliario fueron a otras personas e instituciones benéficas y el dinero "para el primer pobre que pasara por la calle".

Se procedió de inmediato al inventario de los bienes de Juan de Espina, documento que se encuentra también en el mismo Archivo de Protocolos. Sin embargo, la lectura de este largo protocolo notarial produce una cierta decepción. Se trata de una descripción fría y tediosa de objetos de uso cotidiano de Juan de Espina y documentos de la subasta del inmueble, sin que se trasluzca de ellos nada que aliente la fantasía que inspiró a sus contemporáneos. Tampoco está el inventario de su biblioteca, ni se hace mención de los códices de Leonardo que poseyó. Sin duda todo ello fue directamente a poder del rey y se incorporó a las ricas colecciones palaciegas.

Es posible, a la vista de lo anterior, que los códices de Leonardo que tenía Juan de Espina y que Vicencio Carducho había visto en su casa, sean los dos que aparecieron recientemente en la Biblioteca Nacional de Madrid. (Reti, 1968). Pero esto no puede afirmarse con seguridad a falta del inventario de la biblioteca de Juan de Espina. También cabe la posibilidad de que se trate de dos de los libros que Leoni había enviado en su día a Felipe II desde Milán.

En todo caso, queda claro que, durante en un cierto tiempo, muchos de los códices de Leonardo estuvieron en España y fueron posiblemente conocidos por ciertos personajes de la Corte española que pudieron consultarlos.

Teniendo en cuenta lo anterior, nuestro propósito es realizar un análisis comparativo de algunas notas de Leonardo sobre el agua con los manuscritos españoles que tratan sobre el mismo tema.

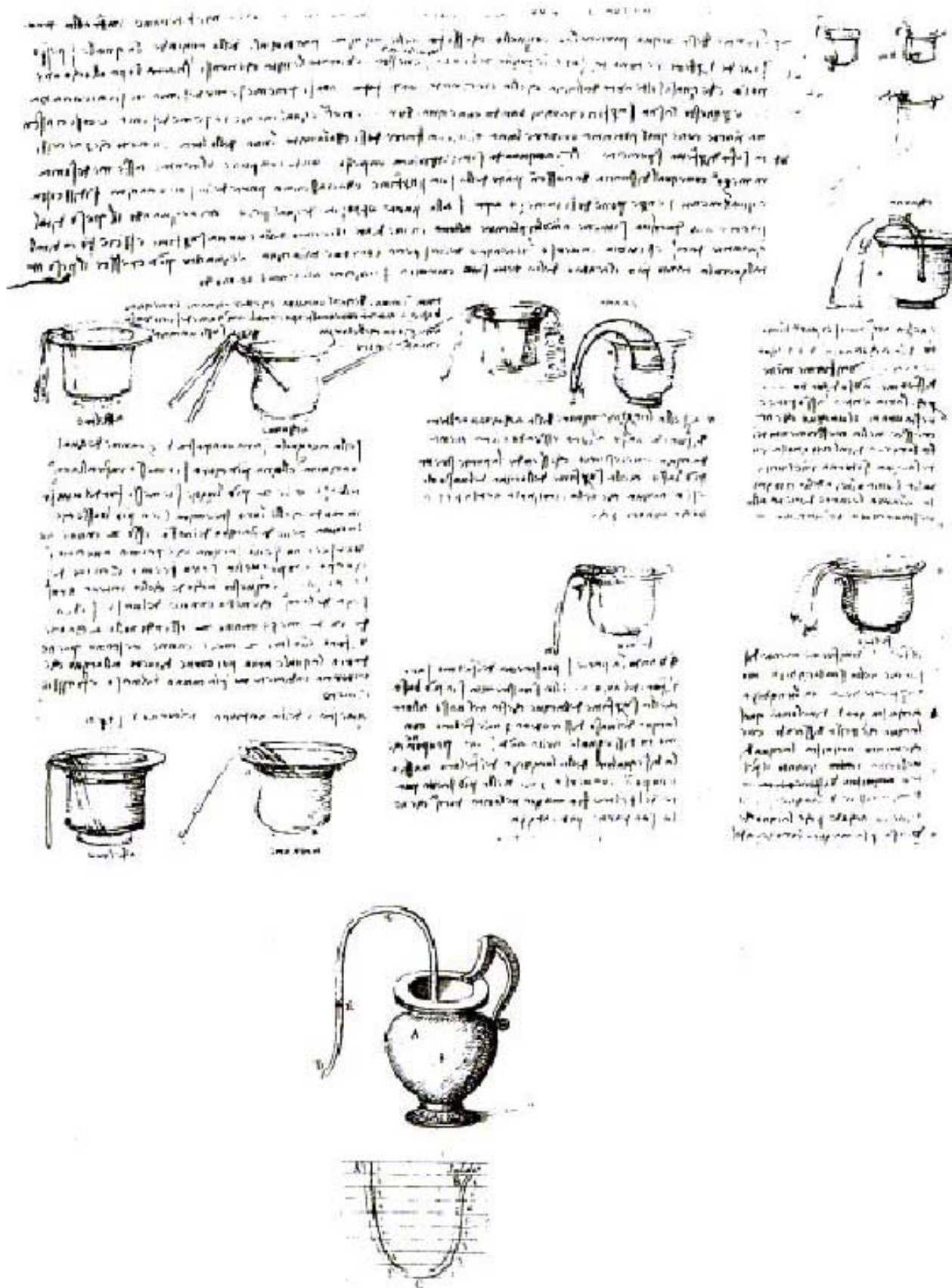


Figura 1. Estudio de sifones en Leonardo y en "Los veintiún libros..."

ANALISIS COMPARATIVO DE ALGUNAS NOTAS SOBRE EL AGUA EN EL CODICE LEICESTER DE LEONARDO CON UN MANUSCRITO DE LASTANOSA

Numerosos son los textos de Leonardo dedicados a la hidráulica intercalados, de forma desordenada, en varias de sus anotaciones. De todos ellos, es el conocido como el código Leicester el que destina más espacio al agua y sus aplicaciones, con un índice que indica la intención de Leonardo de realizar un verdadero tratado de hidráulica, llamado "*il libro dell'acqua*", que no llegó a completar. (Marinoni, 1995). Por este motivo, tomaremos el código Leicester como principal referencia de comparación en asuntos relacionados con el agua.

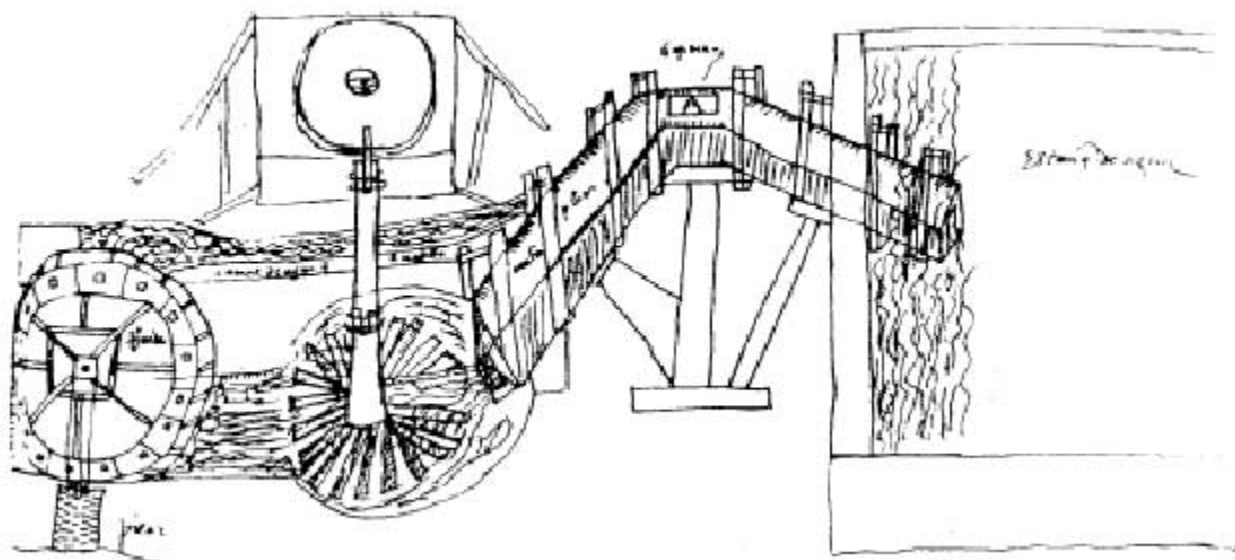


Figura 2. Un sifón para producir movimiento continuo en un molino que a su vez hace girar una rueda hidráulica. El ingenio fue probado, por supuesto sin éxito, por el médico López Pereira y por Francisco Lobato a quien se debe el dibujo que reproducimos.

Por otra parte, el manuscrito español más completo sobre hidráulica del siglo XVI es el conocido como "Los veintidós libros de los ingenios, y máquinas de Juanelo", según la denominación que aparece en la portada del libro que se conserva en la Biblioteca Nacional de Madrid. Como hemos dicho, Juanelo era un relojero de origen italiano al servicio de Carlos V y luego de su hijo Felipe II, famoso porque hizo en Toledo una insólita elevación de aguas desde el Tajo al Alcázar, por medio de un complejo mecanismo a base de ruedas hidráulicas que movían palancas con cazos que se pasaban el agua de uno hasta a otro hasta alcanzar una altura considerable.

La fama de Juanelo y el hecho de que apareciera escrito su nombre en la portada, se conjugaron para hacer pensar que el libro era suyo. Sin embargo, recientemente se ha puesto en cuestión esta autoría, al comprobarse que el contenido del texto y su léxico correspondían a un autor de origen aragonés. (Pseudo-Juanelo Turriano, 1983). La identificación que hicimos de este autor con el aragonés Pedro Juan de Lastanosa, basada en una abundante documentación que lo probaba sin lugar a dudas (García Tapia, 1990b), provocó una absurda polémica por parte de algunos que negaron rotundamente la autoría de Lastanosa, y mantuvieron que el autor era una especie de técnico práctico ignorante, aislado en las montañas de Aragón que, naturalmente, no han logrado encontrar.

Dejando al margen esta polémica, y atendiendo únicamente a hechos rigurosamente comprobados, la historia del manuscrito se resume en lo siguiente:

- 1º El original fue escrito, a instancias de Felipe II, por su "maquinario mayor" Pedro Juan de Lastanosa, que no lo pudo completar al morir en 1576, dejándolo sin firmar.
- 2º Se intentó editar hacia 1585, para lo que se hizo una copia del original, pero no llegó a imprimirse.
- 3º Se intentó imprimir de nuevo entre 1643 y 1648, bajo la supervisión de Juan Gómez de Mora quien

reordenó el manuscrito en "libros" o capítulos y añadió unas portadas con el título de *"Los veintiún libros de los ingenios, y máquinas de Juanelo"*, origen de una confusión que ha persistido en los siglos posteriores.

Aunque el texto originalmente escrito por Lastanosa no llegó a editarse, circuló entre los arquitectos, ingenieros y "fontaneros mayores" (equivalente a los actuales ingenieros hidráulicos) de la Corte española, hasta que en el siglo XVIII se depositó en la Biblioteca Real. Sabemos que Francisco de Mora, Juan Gómez de Mora, Teodoro Ardemans y Domingo García lo utilizaron para sus obras hidráulicas, y se conservan escritos elogiosos de alguno de estos personajes por su interés en ingeniería hidráulica, no superado hasta los tratados ilustrados del siglo XVIII.

Por este motivo, creemos que es interesante comparar algunas partes del manuscrito español con ciertos pasajes del código Leicester de Leonardo da Vinci, advirtiendo que, en este caso, el conocimiento de los textos vicianos por parte de Lastanosa sólo pudo realizarse de forma indirecta a través de fuentes comunes, consultadas seguramente durante su estancia en Italia.

Obstáculos en una corriente

Uno de los estudios de hidráulica más notables de Leonardo es la visualización de remolinos tras un obstáculo. (Macagno, 1987; Levi, 1993; García Tapia, 1994b). En el caso particular de las pilas de los puentes, Leonardo se refiere a ellas en varias ocasiones en el código Leicester (fols. 9r. y 16v.):

"Todos los puentes caen en sentido inverso a la corriente de agua que percute sobre él, destruyendo su cimentación. " (fol. 16v.-2). En *"Los veintiún libros..."* hay también varias citas a remolinos tras un obstáculo en una corriente. En el caso de un puente, se dice lo siguiente:

"... a la parte detrás de las pilas se hacen ordinariamente unos remolinos de aguas, los cuales suelen llamar algunos revolvimientos, y aún se acumula mucha más agua en las popas, que no hace en las proas, y estos remolinos suelen hacer muy grandes daños en las popas o en la parte detrás de las pilas, porque suelen ir cavando el suelo del río...". Añade Lastanosa cómo por esta causa el puente puede caer hacia atrás, en sentido inverso de la corriente. (Fols.367v-368r.)

Además de la observación de la formación de remolinos tras un obstáculo, está el interés del autor español por el efecto dañino que esta disipación de

energía turbulenta puede tener en los puentes, justificando así formas de pilas que eviten en lo posible los remolinos traseros. Lastanosa, con ciertas limitaciones, conocía cualitativamente, como Leonardo, la diferencia entre *"remolino"* (vórtice en sentido actual), *"revolvimiento"* (retroceso de una corriente) y *"regolfo"* (giro de una masa de agua en equilibrio relativo en un recipiente cilíndrico). Sin embargo, a diferencia de Leonardo, su interés se dirigía más hacia los efectos prácticos en las obras de ingeniería hidráulica que hacia el fenómeno de turbulencia en sí mismo.

Sifones

En varias ocasiones Leonardo se ocupa de los sifones. (Por ejemplo en el código Leicester en los folios 34v. y 16r.). Dice, entre otras cosas:

"... la experiencia nos muestra que si la descarga del sifón no está más abajo que su entrada, nunca saldrá el agua por la tubería"

En el caso de *"Los veintiún libros..."* el análisis del sifón se realiza para demostrar, por analogía y realizando luego la experiencia, como hizo Leonardo, que el agua en una conducción no puede alcanzar jamás la altura de partida, a causa de lo que hoy llamaríamos *pérdida de carga*. Así, dice que:

"... ello (la pérdida de altura del agua) se puede ver con facilidad por la experiencia de los sifones de vidrio, en los que el agua jamás sube tan alta como baja..." (fol. 121v.-122r.).

La experiencia fue realizada, en efecto, por Lastanosa y la pérdida de nivel relativa cuantificada como de una parte sobre nueve. (Figura 1). Evidentemente, el valor de la pérdida de carga no es válido para todas las velocidades y diámetros del tubo. Pasarían varios siglos hasta que se hiciesen experiencias para intentar establecer una ley de pérdida de carga. (Leyes de Chezy, Darcy, Manning, Nikuradse, Colebrook, etc.)

Sin embargo, no era tan evidente en la época este concepto de pérdida de energía del agua en las conducciones. Entre los hidráulicos prácticos se dieron muchos casos de fracasos en los abastecimientos de agua a una población a causa de no tener en cuenta la necesidad de disponer de un desnivel suficiente.

El inventor español Francisco Lobato, coetáneo de Lastanosa y autor de unas curiosas notas sobre hidráulica, que hemos descubierto y publicado recientemente (García-Diego, García Tapia, 1987), desconoce totalmente el concepto de pérdida de energía de una corriente. Hay que señalar que, entre

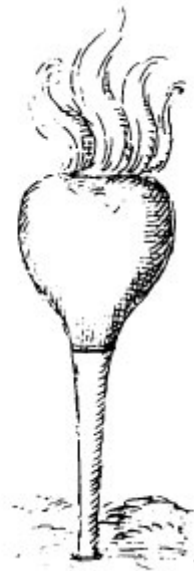
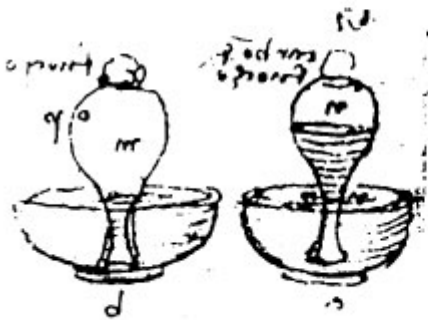


Figura 3. Ascenso del agua por una vasija en la que se hace el vacío por medio del calor. Las figuras de la izquierda son del Códice Leicester de Leonardo (fol. 3v.) y la de la derecha pertenece al manuscrito de Lastanosa; este último proporciona una posible aplicación práctica: buscar agua subterránea. Los experimentos anteriores marcan los inicios del aprovechamiento de la energía del vapor que continuarían con los de Ayanz, Papin, Savery, Newcomen y Watt, hasta llegar a una máquina de vapor efectiva.

las invenciones de Lobato, está un molino de sifón que fracasó al no tener en cuenta el principio de la pérdida de carga. Ni siquiera lo sabía el prestigioso médico y científico español Gómez Pereira, al que Lobato consultó sobre cuestiones teóricas relativas al sifón. Al contrario, Gómez Pereira participó en esta fantástica aventura en la que ambos pretendían conseguir un molino de movimiento continuo. (Figura 2).

Origen de los ríos

Leonardo se refiere en varias ocasiones, entre ellas en el códice Leicester (fols. 3r., 3v., 33v., 38r.), al origen de los ríos, examinando las distintas explicaciones conocidas en la época. Rechaza la teoría de que el diluvio universal era el causante de la aparición de conchas marinas por encima del nivel del mar. Leonardo se adhiere, en cambio, a la hipótesis de que las ramificaciones de agua subterránea, a causa del calor interno de la tierra, ascienden hasta la superficie donde se condensan para formar los ríos, igual que en un alambique. Este calor interno, según él, es la causa de los temblores de tierra y de los volcanes, entre otros efectos naturales.

Curiosamente, el autor de *"Los veintiún libros..."* coincide plenamente con Leonardo da Vinci en esta explicación del origen de los ríos. Lo mismo que el italiano, Lastanosa rechaza todas las teorías existentes, después de examinarlas a la luz de la razón y de la experiencia. Es muy crítico con las enseñanzas bíblicas que no se ajustan a la realidad. Establece que las conchas marinas provienen de antiguos animales hoy desaparecidos y petrificados. Perfila una teoría

evolutiva en la formación de valles y montes y, finalmente, atribuye el origen de los ríos al calor interno de la tierra que hace ascender las corrientes subterráneas por *"los canales de la tierra"* (libro 1, fol. 8r.), donde se condensa como en un alambique.

También igual que Leonardo, Lastanosa atribuye los terremotos y otros fenómenos a las corrientes subterráneas de agua caliente y narra experiencias vividas por él durante su estancia en Nápoles.

Ascenso del agua en una vasija por medio del calor

Ligado a lo anterior está una experiencia de Leonardo con una vasija caliente (Leicester, fol. 3v.). Sobre el dibujo anota: *"carbon di fuecho"* (carbón del fuego), y la nota que lo acompaña explica que si se coloca un carbón ardiente sobre una vasija con un receptáculo de agua, el calor del carbón forzará a que el agua suba desde el nivel *rs* al *n*, porque el aire se consume por el calor y el agua subirá al vacío. Leonardo no explica cómo se forma el vacío, fenómeno desconocido en la época. (Figura 3).

Idéntico experimento es realizado por Lastanosa en *"Los veintiún libros..."* (Libro 2, fol. 28r.). Con una vasija calentada por la parte de arriba, hace elevar el agua. Tampoco se explica aquí el efecto del vacío. Pero, esta vez, la experiencia tiene una finalidad práctica: la de buscar el agua subterránea, para lo cual se introduce el cuello de la vasija a cierta profundidad en la tierra y se observa si asciende hasta arriba llenando el vacío. Lastanosa no va más allá ni en sus conclusiones



Figura 4. Experimento para comprobar el ascenso de un líquido por el cuello de una vasija por medio de calor

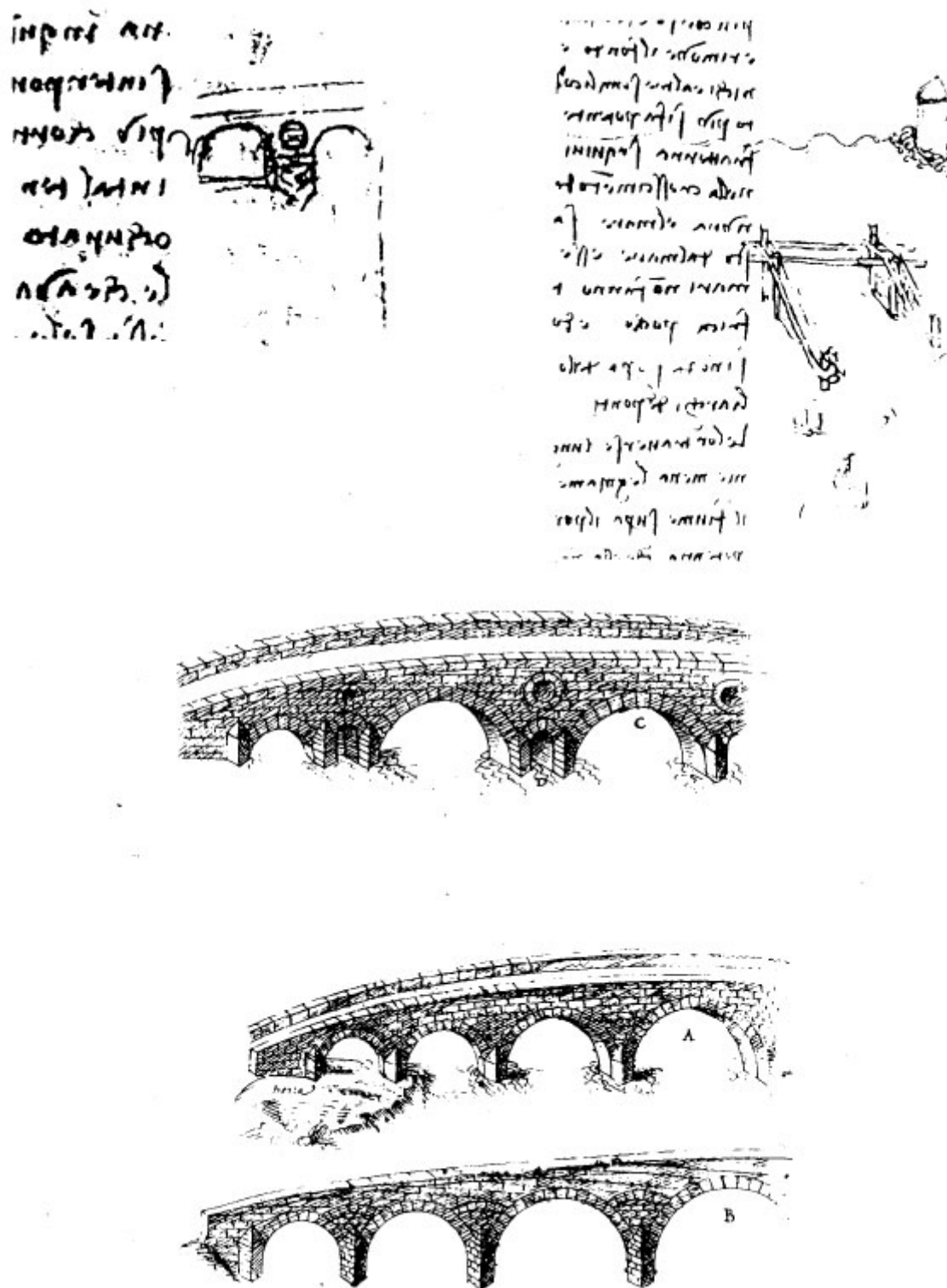


Figura 5. Esquema de un puente con aliviadero ocular en el código Leicester (fol. 7r.) de Leonardo (ángulo izquierdo superior), similar a un puente de "Los veintiún libros..." (figura C, libro 18, fol. fol. 373r). En ambos escritos se analiza la turbulencia alrededor de las pilas de los puentes.

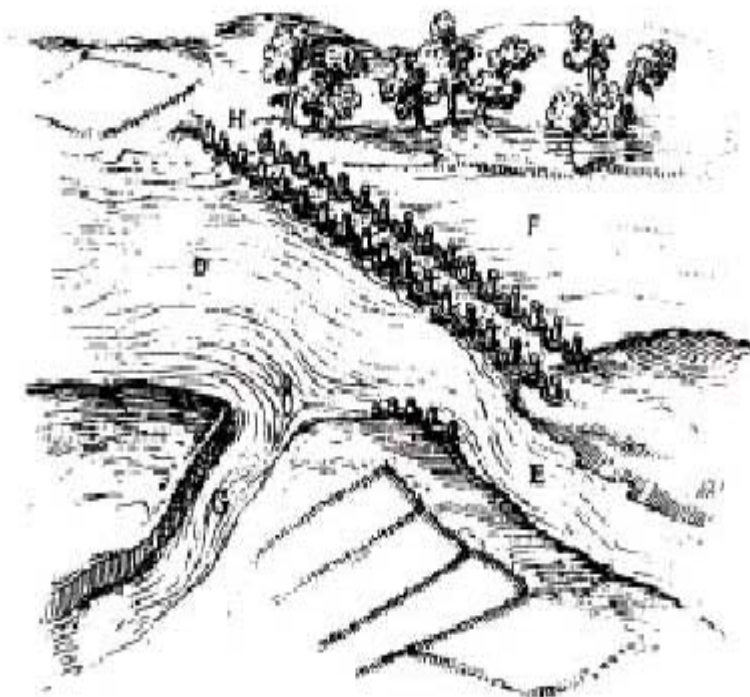


Figura 6. Presa en un río, denominada "azud de selva" en "*Los veintiún libros...*" por estar hecha con estacas clavadas en el suelo, entretejidas con ramas (libro 9, fol. 154r.). Este tipo de presa está descrito de forma similar en Leonardo (Códice Leicester, fols. 7r., 27v. y 28v.).

ni en la aplicación, pero los principios de las futuras máquinas de vapor empezaban a percibirse. Unas décadas después, en 1606, un español, Jerónimo de Ayanz, aprovecharía esta experiencia para proyectar y diseñar lo que iba a ser el primer ingenio de vapor patentado y utilizable para desaguar una mina. (García Tapia, 1990c).

Hay que decir también que esta experiencia para buscar agua se seguía recomendando a principios del siglo XVIII por Teodoro Ardemans que la había aprendido precisamente en "*Los veintiún libros...*"

Debido a la repercusión de este experimento para el futuro de la energía del vapor, hemos reproducido en un laboratorio de la Escuela Universitaria Politécnica de Valladolid el efecto descrito por Leonardo, calentando esta vez la botella con un mechero de Bunsen. Mientras dura la aplicación del calor, se observa que el aire se expande dentro de la botella, tendiendo a salir de la misma, a través del agua del recipiente, en forma de burbujas. Sin embargo, retirando la fuente de calor y dejando enfriar la botella, el agua asciende por el cuello de la misma, como era de esperar, al realizarse el vacío en su interior. (Figura 4). Al final, se obtiene el resultado previsto por Leonardo y por Lastanosa.

Estructuras de ingeniería sobre ríos: puentes, presas y sistemas de cimentación

En las anotaciones de Leonardo se estudian las estructuras necesarias para reforzar las márgenes de los ríos, desviar la corriente, hacer una presa de embalse para uso de un molino o incluso la forma de construir un puente para pasar sobre un río. Todo esto entra dentro de la ingeniería del agua en el siglo XVI.

En el códice Leicester hay dibujado un puente con un aliviadero en forma de óculo circular (fol. 7r.) que aparece de forma similar en "*Los veintiún libros...*" (libro 18, fol. 373r.). Figura 5. Leonardo explica también cómo se construyen las presas (fols. 7r., 27v. y 28v. del códice Leicester). Dice, por ejemplo, cómo se deben emplear unas grandes estacas de madera clavadas verticalmente cada cierto trecho, trabadas horizontalmente con leños y troncos con sus ramas, todo ello cargado con ripios y piedras. Este tipo de presa corresponde a la que el autor de "*Los veintiún libros...*" llama "azud de selva" que se construye de la siguiente forma, según Lastanosa:

"... se van hincando estacas de palo en el suelo del río, cuando el suelo no es de peña, y en este azud, después de ser hincados los palos, se van entretejiendo de ramas y piedras..." (libro 9, fol. 154r.)

Coincidencias parecidas se extienden a otros tipos de azudes de los anotados por Leonardo, con los explicados en "*Los veintiún libros...*". (Figura 6).

Para clavar los pilotes a fin de cimentar los puentes y las presas, Leonardo describe una serie de instrumentos en el códice Leicester (fols. 28v., 10v. y 21r.). El martinete se expone en varias figuras al margen (fol. 28v.), suspendido de una cuerda que pende de una polea. Leonardo sugiere atar a una viga la otra extremidad de la cuerda, de la cual están suspendidas veinte cuerdas más, de las que tiran veinte hombres, para poder subir así un martinete que pesa 4000 libras. La figura pequeña en el margen central muestra la plataforma para los veinte hombres, con una escalera para permitir una mayor elevación al pisón, y por tanto

una energía mayor en el golpe. Los dos diseños en el margen, ilustran un sistema alternativo de martinete considerado por Leonardo de menor eficacia porque es movido por un solo hombre.

Otro martinete lo expone Leonardo en el folio 10v., donde se dibujan también los pilotes terminados en punta. En el folio 21r. se indica una máquina de clavar pilotes con un pisón guiado por una plataforma oblicua para clavar pilotes inclinados. (Figura 7).

Las máquinas de clavar pilotes eran conocidas en Italia en la época de Leonardo. El *"ingeniero-arquitecto"* Juan Bautista de Toledo, del que ya hemos hablado, trajo algunos modelos de Italia al objeto de emplearlos en algunas obras que se hacían en torno a Madrid y Aranjuez. En particular, utilizó una máquina que tenía un hierro largo del que pendían veinte cuerdas para poder tirar de él veinte hombres, lo cual coincide con la de Leonardo, tanto en el funcionamiento como en el número de personas que lo manejaban. Esta máquina fue perfeccionada por un carpintero flamenco que trabajaba en España, llamado Juan de Bruselas, que ideó una máquina para clavar al tiempo cinco pilotes de cimentación de un puente, empleando para ello cinco mazos que se movían simultáneamente. Este *"ingenio"* superaba a los ideados por Leonardo y Juan Bautista de Toledo, causando una gran admiración entre los que lo vieron funcionar. (García Tapia, 1990a).

Las máquinas de clavar pilotes están descritas en libros y manuscritos españoles del siglo XVI, como los de Pedro Juan de Lastanosa y los de Cristóbal de Rojas para hacer fortificaciones, y su construcción es parecida a la descrita por Leonardo, salvo en los aditamentos de las barras de amarre y la escalera donde se situaban los operarios. También se dibujan y describen las estacas de pilotes terminadas en una punta forrada de hierro que coinciden con los dibujados en el código Leicester.

Molinos y máquinas hidráulicas

En el código Leicester apenas si hay alguna mención a molinos, solamente un diseño en el folio 30v. que representa los diversos niveles de una caída de agua, probablemente en relación al molino de San Niccoló, en Florencia. Pero el tema de los molinos interesó ampliamente a Leonardo y a otros ingenieros de su época. El funcionamiento de molinos a diversos niveles (similar al de Leonardo) es analizado extensamente por Pedro Juan de Lastanosa en *"Los veintiún libros..."* (libro 11, fols. 300r.-302v.), en los

que un mismo recipiente cilíndrico o *"cubo"* sirve para alimentar una serie de cuatro molinos, lo cual Lastanosa atribuye a su propia invención. El cubo permitía acumular el agua que funcionaba como un depósito con un orificio en su base por el que salía el agua. Este caso es profusamente analizado por Leonardo, y aparece un dibujo incluso en el mismo folio del código Leicester, al lado del dibujo del molino. (Figura 8). La velocidad de salida del agua por el orificio de un depósito es considerada por Leonardo como proporcional al peso del agua que queda por salir, lo que establece una relación, generalmente no tenida en cuenta en la época, aunque sin llegar a establecer la ley de altura con el cuadrado de la velocidad que descubriría Torricelli en el siglo XVII.

Lastanosa, en su manuscrito, como Leonardo, establece una relación de proporcionalidad entre la altura del cubo del molino y la velocidad del chorro de agua, aunque sin llegar tampoco a la ley de relación al cuadrado.

En la alimentación de los molinos situados a distinto nivel, el autor de *"Los veintiún libros..."* pone de manifiesto la existencia de una pérdida de energía, aunque sin cuantificarla en esta ocasión.

El estudio de los molinos constituyó la preocupación principal, no sólo de Lastanosa, sino de numerosos inventores españoles del siglo XVI. El manuscrito de Francisco Lobato, al que nos hemos referido antes, está casi por completo dedicado al estudio de los molinos. Se trata de un texto de anotaciones personales y dibujos que no iba destinado a la imprenta. De esta forma, podemos conocer de primera mano lo que pensaba en materia de tecnología un personaje del pueblo con escasa formación. A pesar de ello, Lobato llega a dar forma aerodinámica a los álabes de un molino, e intuye la noción de la reacción del agua a la salida del rodete, diseñando una anticipación de lo que sería después la turbina hidráulica de reacción. (Figura 9). El método de Lobato para descubrir y observar las cosas, nos recuerda, salvando las distancias, al de Leonardo, a pesar de que es difícil que llegase a ver nunca un escrito del italiano.

Pero este trabajo no puede terminar sin hacer mención a lo que puede llegar un inventor intuitivo y observador, que, en este caso, sí que pudo tener la posibilidad de conocer los escritos de Leonardo: se trata del español Jerónimo de Ayanz, que fue compañero de Pompeo Leoni en la Corte española

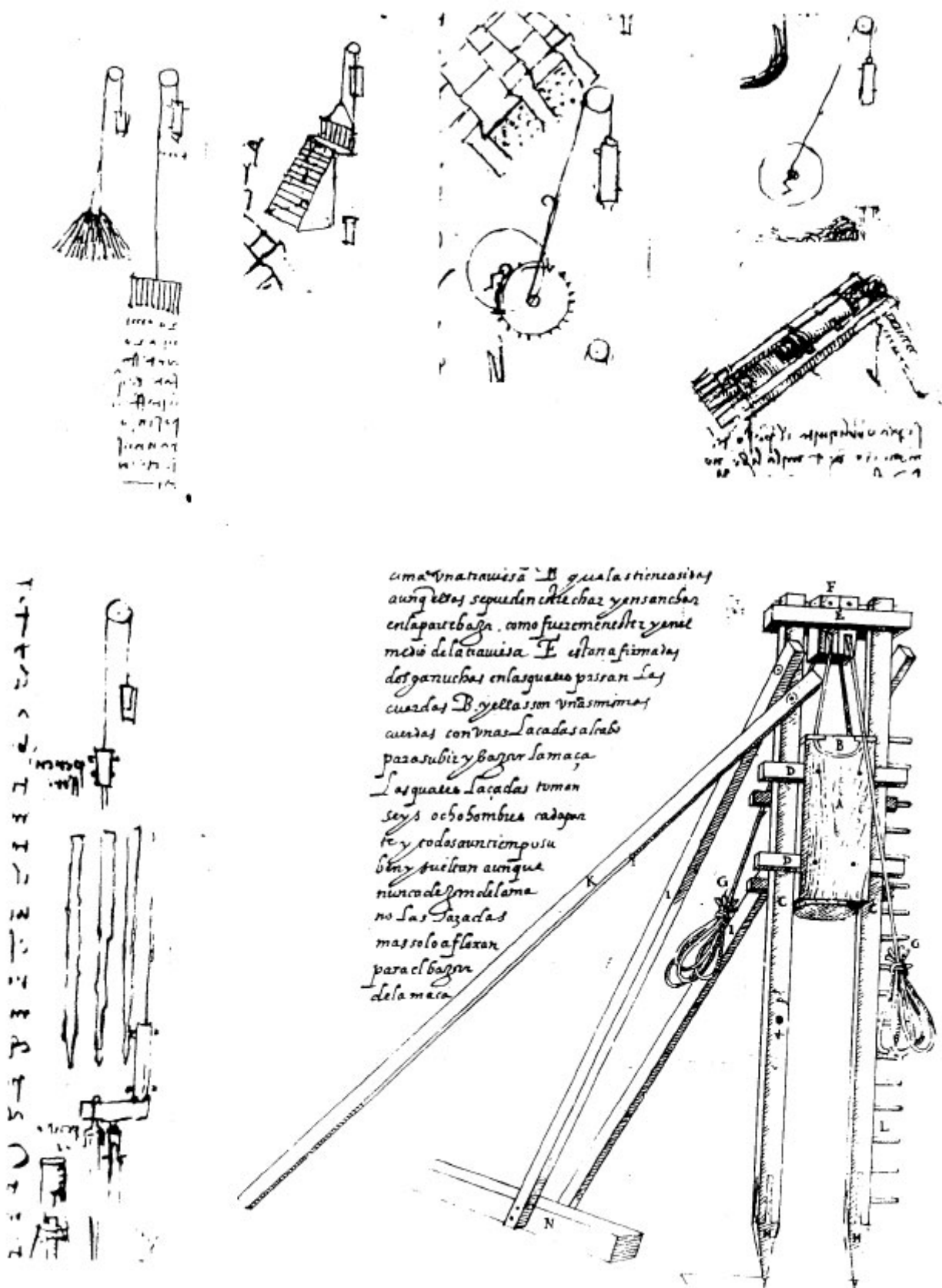


Figura 7. Máquinas para clavar pilotes en Leonardo (Códice Leicester fols. 28v., 10v. y 21 r.) y en "Los veintún libros..."

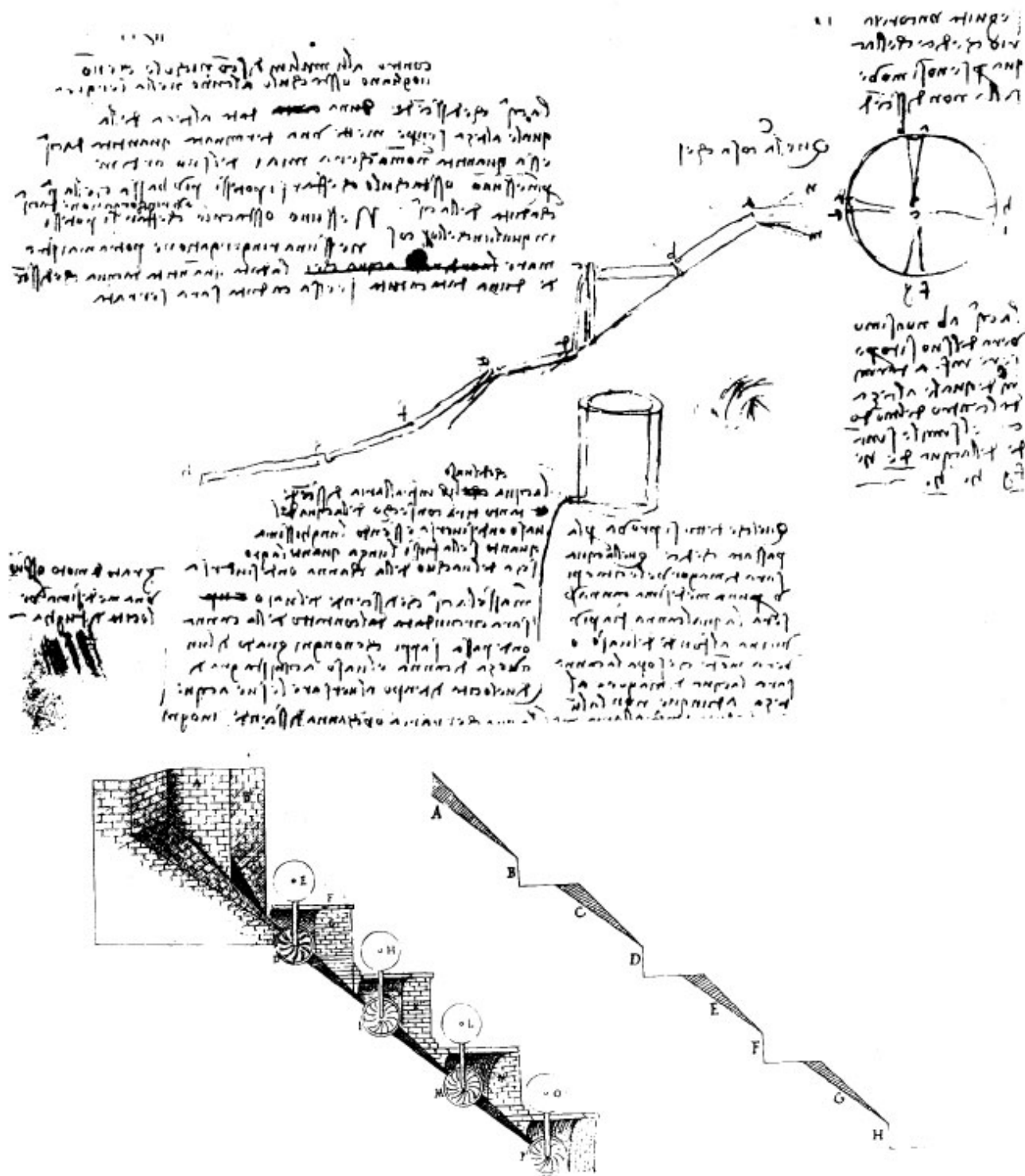


Figura 8. Molinos a distintos niveles en el Códice Leicester de Leonardo (fol. 30v.) y en "Los veintiún libros..." (libro 11, fols. 300r-302v.).

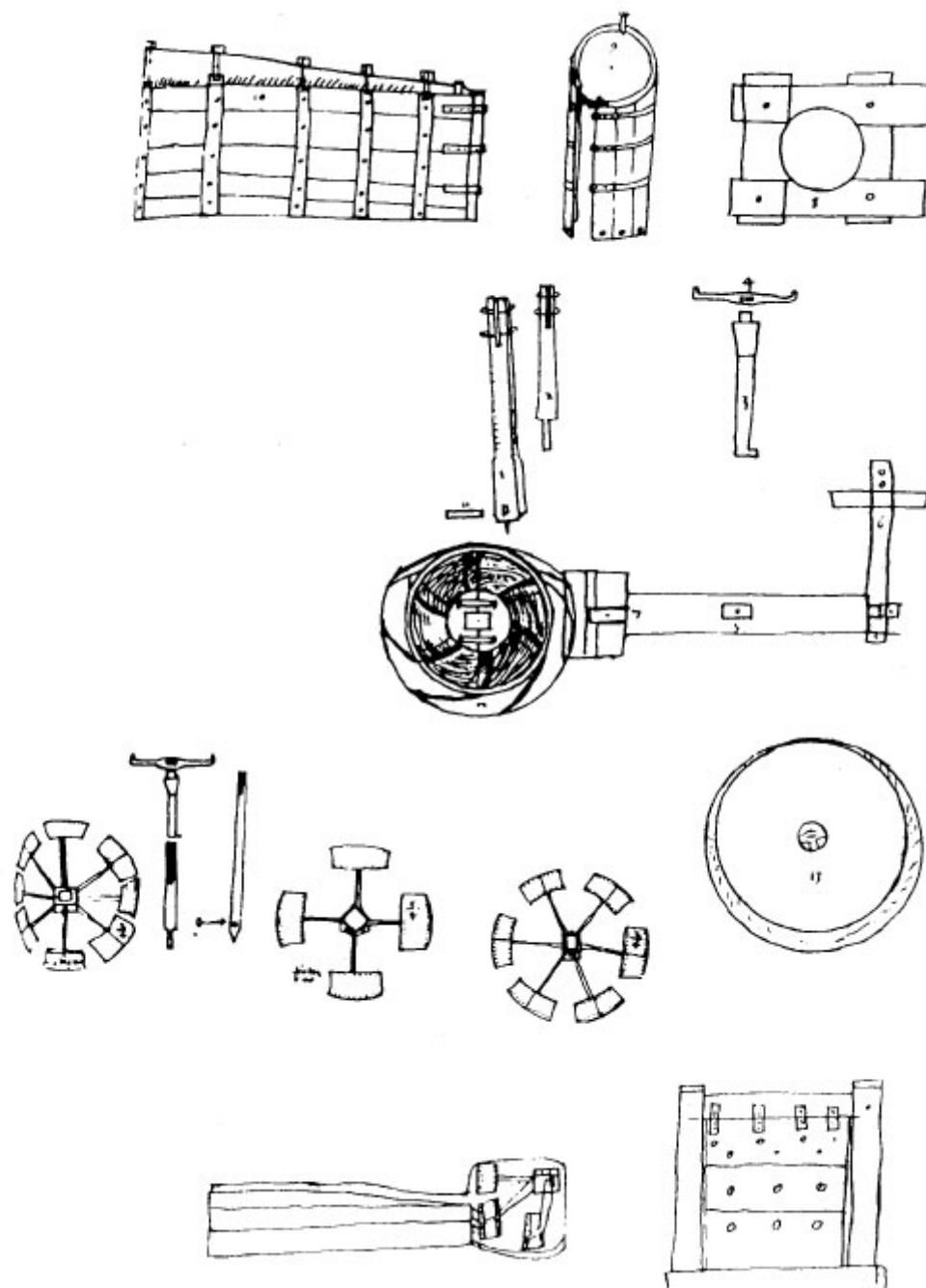


Figura 9. Representación pieza por pieza de un molino hidráulico en el manuscrito de Francisco Lobato. Obsérvese la forma de los alabes metálicos del rodete, diseñados hacia atrás para aprovechar la reacción del agua y rodeados de un cilindro ("cuba") en la que gira el agua, aprovechando el "regolfo" (efecto de la fuerza del giro). Esta máquina de Lobato es un precedente de las modernas turbinas hidráulicas de reacción.

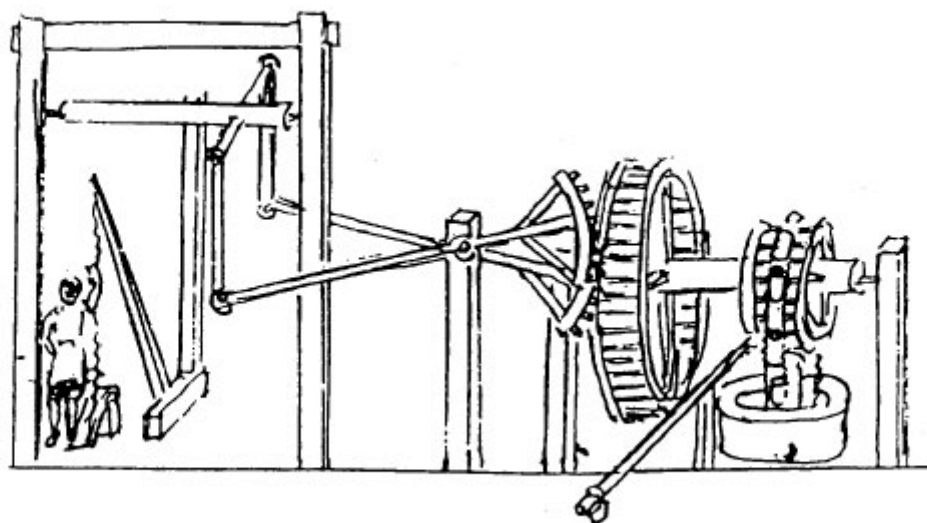
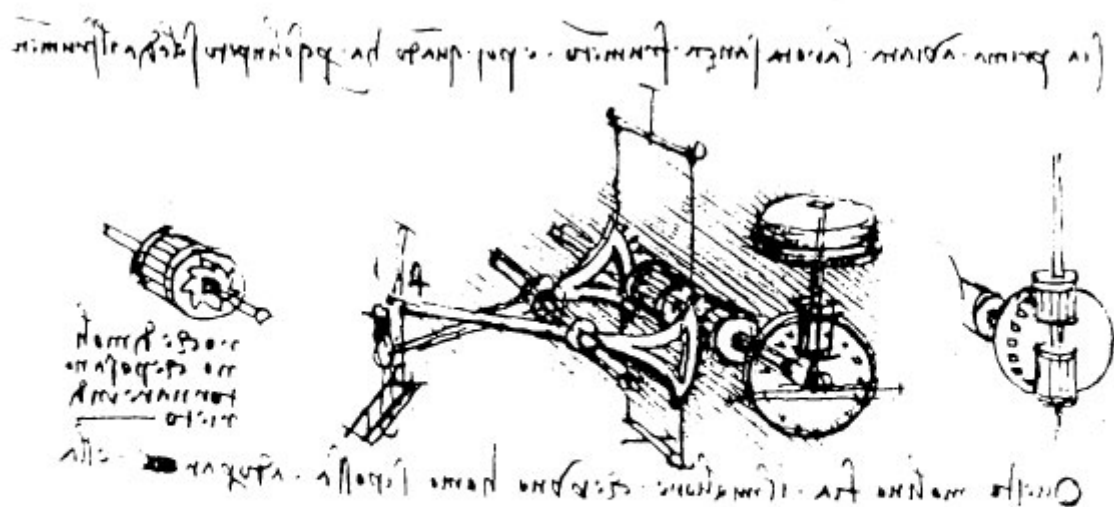


Figura 10. Máquina de movimiento alternativo de Leonardo (Código Madrid I, fol. 70v.) y máquina llamada "de vaivén" de Jerónimo de Ayanz. Coinciden en la forma de aplicar la fuerza, por medio de un pedal y cuerda para tirar, y en la conversión del movimiento alternativo en rotativo, por medio de sectores de engranajes. La máquina de Ayanz, aquí aplicada a una noria, puede también emplearse para molinos, según indica el autor; en este caso, sería igual a la de Leonardo (arriba). Ayanz incluye además un dispositivo de balanza con una pesa desplazable que permite medir la eficiencia de la máquina.

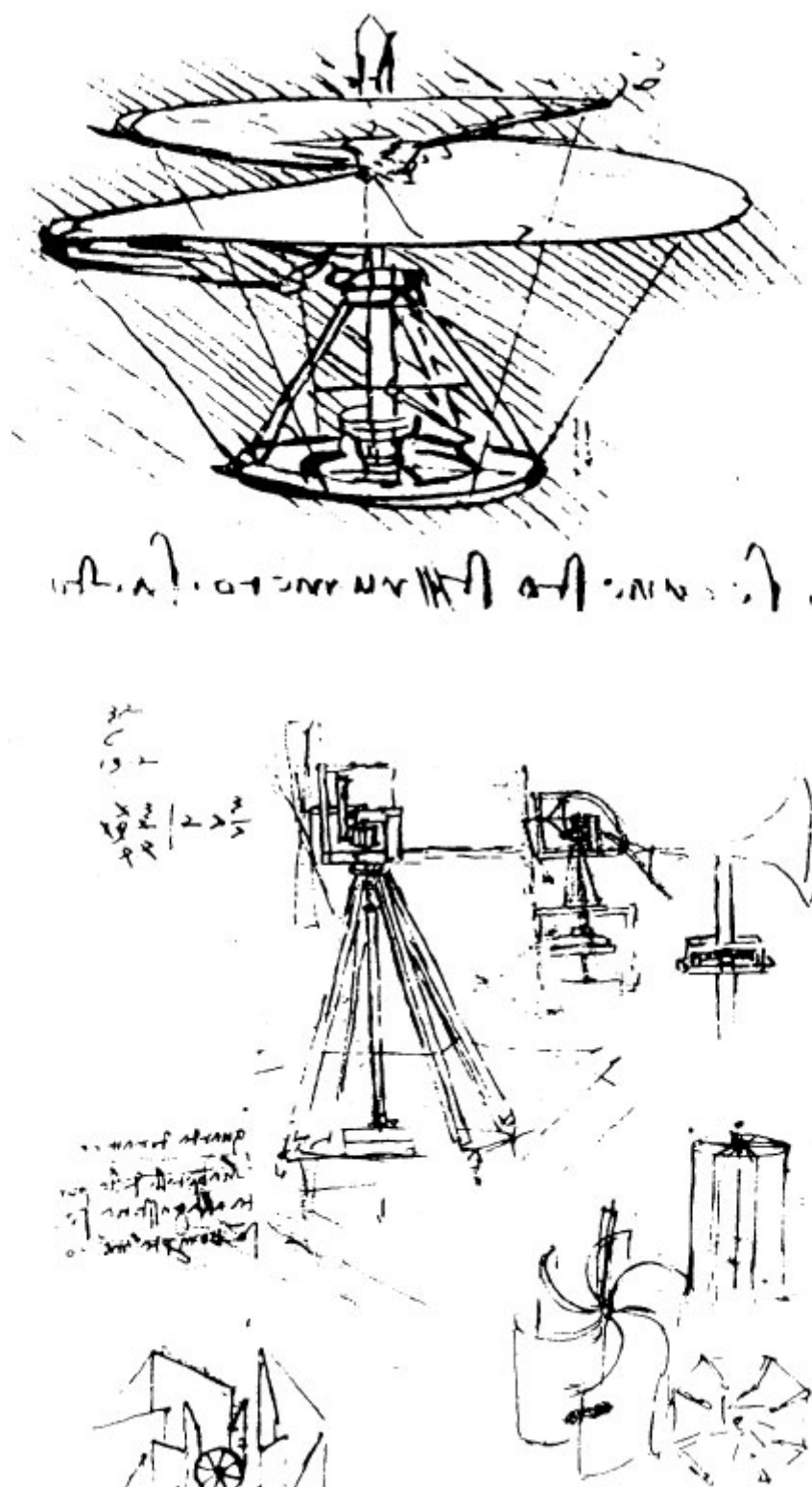


Figura 11. El famoso ingenio de tornillo para elevarse en el aire de Leonardo y soluciones para molinos de viento en el código Madrid.

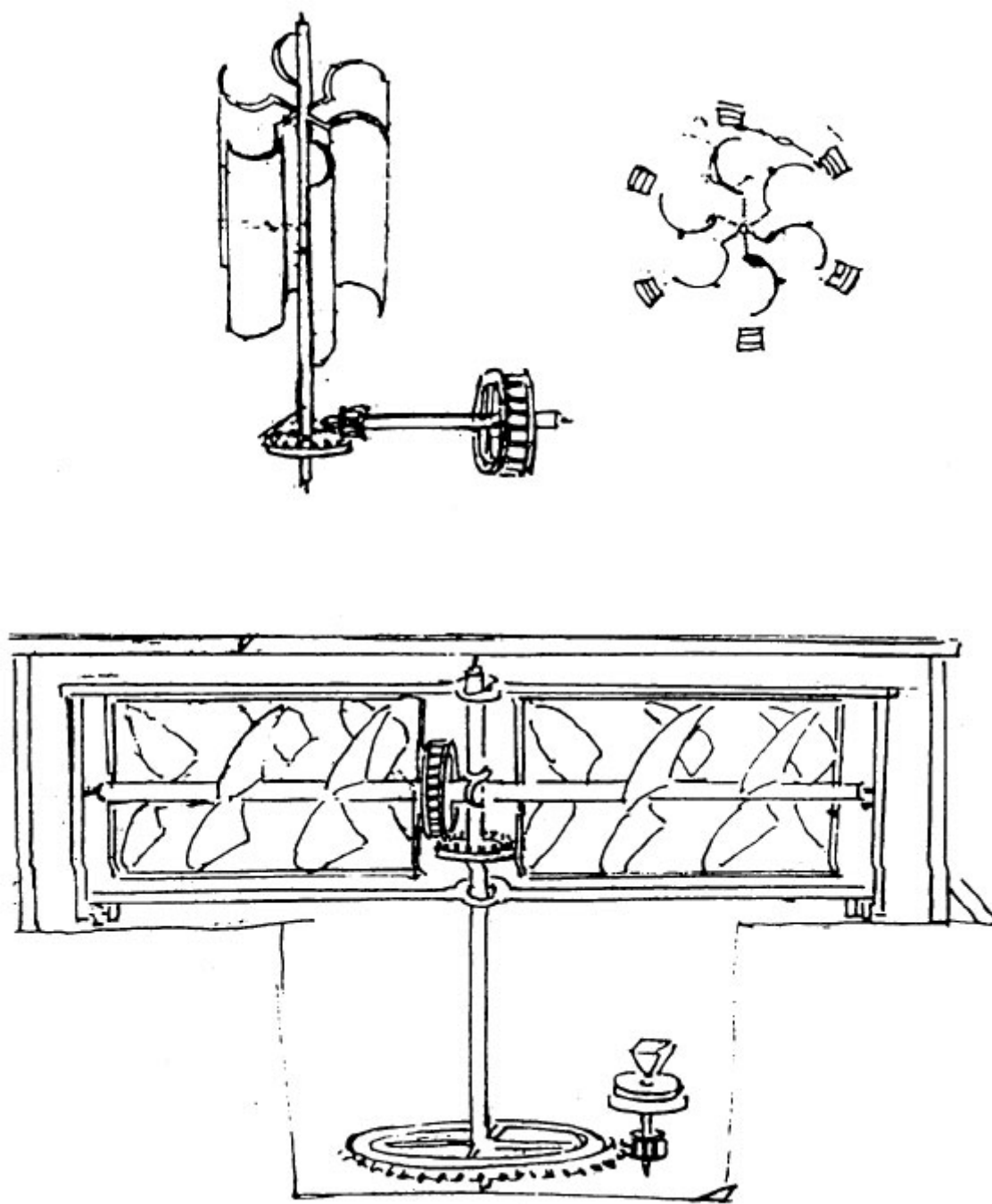


Figura 12. Los molinos de viento de Leonardo encuentran su réplica en los diseñados por Ayanz con eje vertical y aspas curvadas. El tomillo para elevarse en el aire de Leonardo se utiliza, en cambio, por Ayanz en sentido inverso y con otra orientación, para mover un molino.

LAS INVENCIONES DE LEONARDO Y LAS DE JERONIMO DE AYANZ

Jerónimo de Ayanz era de una familia noble española. Nacido en 1553, estuvo desde niño como paje al servicio de Felipe II y luego como militar, destacando en varias batallas en Italia, Flandes y Portugal. En la Escuela de Matemáticas para pajes de la Corte española estudió los principios de esta ciencia, que luego ampliaría con la lectura de los ejemplares de la rica Biblioteca Real. Su cargo de administrador de minas le serviría para ponerse en contacto con los problemas de la tecnología de su época, aportando numerosas soluciones que se explican en un manuscrito de 90 páginas fechado en 1606, que hemos descubierto recientemente en el Archivo de Simancas. Pueden verse allí más de cincuenta invenciones, entre las que se encuentran, aparte de nuevos procesos metalúrgicos para las minas, anticipaciones de las máquinas que serían, siglos después, la base de la revolución industrial. Entre ellas están las máquinas de vapor para desaguar las minas. (García Tapia, 1990c).

Lo que nos interesa destacar aquí es que algunos de estos inventos de Ayanz representan la culminación de los que había soñado el propio Leonardo da Vinci, como los relativos a los buzos y a los submarinos, ideas abandonadas por el italiano al considerar que podrían ponerse al servicio de la guerra. Ayanz los ideó y probó para que sirviesen a la búsqueda de perlas y de tesoros en el mar.

A diferencia de Leonardo, Ayanz, hombre muy metódico, procuró que sus máquinas funcionasen, obteniendo para ello la correspondiente patente para la explotación de sus invenciones.

Aparte de esto, el método de Ayanz es muy similar al de Leonardo, las máquinas son estudiadas pieza por pieza, con un sentido de la cinemática que recuerda al del italiano. Muchas de las soluciones mecánicas de Ayanz coinciden con las de Leonardo, y como ejemplo pondremos el caso de la conversión del movimiento alternativo en una máquina movida por pedal de Ayanz, que utiliza los mismos sectores de engranajes y palancas que Leonardo (Código Madrid I, fol. 70v.), en lugar del clásico sistema de biela-manivela. El método de aplicación de la fuerza, por pedal y tirando de una cuerda, también es coincidente. Por cierto, que Ayanz incluye una balanza para poder medir la eficiencia de su máquina, anticipándose así a las experiencias de Smeaton y Prony. (Figura, 10). Limitándonos a las aplicaciones de la Mecánica de Fluidos y de la Hidráulica, citaremos el empleo por Ayanz de aspas

helicoidales en un molino de viento, en una función inversa a las del impropriamente llamado "helicóptero" de Leonardo. (Figuras 11 y 12). En el campo de los molinos hidráulicos, hay también soluciones semejantes en ambos inventores.

Ayanz fue uno de los últimos representantes del ingeniero e inventor anterior a la revolución científica y a la industrial, que basó sus descubrimientos en la observación y en la experiencia, en las que Leonardo había sido un precursor. Ayanz era también un hombre interesado por otras actividades artísticas: músico, cantor y compositor, figurando en la relación de los pintores ilustres de su época, según dice Pacheco en su *Tratado de la pintura*. Es, por consiguiente, un siglo después de Leonardo, otro prototipo del "ingeniero-artista" y cierra así una época de hombres universales. (García Tapia, 1994a).

CONCLUSION

Pudiera argumentarse que las similitudes entre las ideas y las invenciones de algunos "ingenieros-artistas" españoles con las de Leonardo no es sino fruto de una mera coincidencia, dado el gran número de máquinas, y experimentos científicos que contienen los códigos vicianos.

Sin descartar la posibilidad de que se produjesen algunas invenciones casuales e independientes de las de Leonardo entre los ingenieros españoles, creemos que puede haber existido un conocimiento directo de los manuscritos vicianos por parte de ciertos inventores próximos a la Corte de Felipe II y de Felipe III. En el campo artístico, mucho más estudiado que el técnico, existe la evidencia de que algunos artistas que trabajaban en España en los siglos XVI y XVII conocían, e incluso aplicaron, las enseñanzas artísticas de Leonardo. Tal es el caso de los Leoni, escultores italianos que trabajaron para Carlos V y luego para Felipe II en España. La influencia de las notas sobre pintura de Leonardo sobre las esculturas de Leoni, son reconocidas por los historiadores del arte. También conocía Leoni las técnicas de fundición expuestas por Leonardo, utilizadas sin duda para los bronceos que Felipe II le encargó en El Escorial.

La influencia de Leonardo se extendió también a los tratadistas de la pintura del siglo XVII español. Es patente en el *Arte de la pintura* de Francisco Pacheco, maestro y suegro de Velázquez, cuyas resonancias con el arte de Leonardo han sido bien estudiadas. Pacheco, como Vasari en el siglo anterior con los artistas

italianos, hace una recopilación de los pintores españoles, situando entre ellos, como hemos indicado, al inventor Jerónimo de Ayanz.

Más clara resulta aún la huella de Leonardo en los *Diálogos de la pintura*, del pintor de origen italiano Vicente Carducho, quien, no solamente cita varias veces a Leonardo, sino que indica que vio dos libros manuscritos y dibujados por Leonardo en casa de Juan de Espina, como hemos visto. A su vez, el pintor Vicente Carducho pudo influir en las obras de su sobrino, el ingeniero Luis Carducho, cuyos proyectos de canales para hacer navegable el Tajo, nos recuerdan los del Arno de Leonardo.

Si se conoce algo de la influencia de Leonardo en el campo artístico español, la posible relación con el mundo científico y técnico es todavía una incógnita. Sin embargo, el hombre que poseyó y manejó en España los códigos vicianos, Pompeo Leoni, estaba muy bien relacionado con los ingenieros españoles. En efecto, trabajó en estrecha colaboración con Jacome Trezzo, un italiano que hizo máquinas y molinos para cortar y pulir los jaspes del altar mayor de El Escorial, auxiliado por algunos ingenieros españoles, como Pedro de Mola. Los Leoni trabajaron para la Corte española, en la que estaban también Juanelo Turriano, Juan de Herrera, Pedro Juan de Lastanosa y Jerónimo de Ayanz, a los que hemos citado como los autores de las obras y manuscritos más importantes de la técnica española del siglo XVI, todos ellos al servicio de un rey, Felipe II, muy interesado por las obras de ingeniería. Aunque no hemos encontrado en estos autores citas expresas de la obra de Leonardo, es muy probable que conociesen los libros que tenía Pompeo Leoni o por lo menos que tuviesen noticia de las obras de Leonardo, indirectamente, a través de otros autores italianos, puesto que estamos convencidos, siguiendo en esto a otros ilustres leonardistas, que las obras de Leonardo no quedaron ocultas.

REFERENCIAS

- Corbeau, A. (1964): *Les manuscrits de Léonard da Vinci. Contributions hispaniques à leur histoire. Raccolta Vinciana*. Fasc. XX. Págs. 299-323.
- Cotarelo, E. (1908): *D. Juan de Espina. Noticias de este célebre y enigmático personaje*. Imprenta de La Revista de Archivos. Madrid.
- Fassó, C.A. (1995): *Leonardo e l'idraulica del Rinascimento*. Conferencia pronunciada en Milán el 1 de diciembre. Simposio Che cosa è acqua. Fondazione Cariplo.
- García-Diego, J.A., García Tapia, N. (1987): Vida y técnica en el Renacimiento. El manuscrito de Francisco Lobato, vecino de Medina del Campo. Universidad de Valladolid.
- García Tapia, N. (1990a): Ingeniería y arquitectura en el Renacimiento español. Universidad de Valladolid.
- García Tapia, N. (1990b): Pedro Juan de Lastanosa. El autor aragonés de "Los veintiún libros de los ingenios". Instituto de Estudios Altoaragoneses. Huesca.
- García Tapia, N. (1990c): Patentes de invención españolas en el Siglo de Oro. Oficina de Patentes y Marcas. Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- García Tapia, N. (1994a): *Nobleza, pintura e invención. ¿Jerónimo de Ayanz pintor?*. Estudios de Arte. Homenaje al profesor Martín González. Universidad de Valladolid. Págs. 449-503.
- García Tapia, N. (1994b): *La técnica artística de Leonardo a través de sus notas sobre la mecánica*. Técnica Industrial. n° 215, octubre-diciembre, págs. 37-43.
- García Tapia, N. (1995): *Arte e idraulica di Leonardo anche in relazione a manoscritti spagnoli del secolo XVI*. Conferencia pronunciada en Milán el 1 de septiembre. Simposio Che cosa è acqua. Fondazione Cariplo.
- Gibbs-Smith, Ch. (1978): The inventions of Leonardo da Vinci. Phaidon Oxford.
- Levi E. (1993): *The Hydraulics of Leonardo da Vinci*. Capítulo X de *The Science of Water. The Foundation of Modern Hydraulics*. ASCE Press. New York.
- López Pinero, J. M. (1979): Ciencia y técnica en la sociedad española en los siglos XVI y XVII. Labor, Barcelona
- Macagno, E. (1987): *Leonardo da Vinci: engineer and scientist. Hydraulics and Hydraulic Research. A Historical Review*. International Association for Hydraulic Research. A.A. Balkema, Rotterdam, Boston. Págs. 33-53.

- Macagno, E. (1989): Leonardian Fluid Mechanics in the Codex Atlanticas. Monografias del Iowa Institute of Hydraulic Research. The University of Iowa.
- Macagno, E. (1991): *Some remarkable experiments of Leonardo da Vinci*. La Houille Blanche. Nº 6, págs. 463-471.
- Macagno, E. (1995): *Esegesi e valutazione della scienza dell'acqua nel Codice Leicester*. Conferencia pronunciada en Milán el 1 de diciembre. Simposio Che cosa è acqua. Fondazione Cariplo.
- Marinoni, A. (1995): *Il Codice Leicester*. Conferencia pronunciada en Milán el 1 de diciembre. Simposio Che cosa è acqua. Fondazione Cariplo.
- Plon E. (1887): Leone Leoni et Pompeo Leoni. Maîtres Italiens au service de la Maison d'Autriche. Plon et Nourrit. París.
- Pseudo-Juanelo Turriano (1983): Los veintitún libros de los ingenios y de las máquinas. Edición del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Turner. Madrid.
- Reti, L. (1968): The Two Unpublished Manuscripts of Leonardo da Vinci in the Biblioteca Nacional de Madrid. Burlington Magazine. Enero y febrero. Págs. 10-22 y 81-89.
- Ribera Blanco, J. (1984): Juan Bautista de Toledo y Felipe II. La implantación del clasicismo en España. Universidad de Valladolid.
- Vicente Maroto, M^a. I., Esteban Pineiro, M. (1991). Aspectos de la ciencia aplicada en la España del Siglo de Oro. Consejería de Cultura de la Junta de Castilla y León. Valladolid.