

**«CRÓNICA DE TIERRAS EXTRANJERAS»
(職方外紀 : ZHIFANG WAIJI)
DE GIULIO ALENI, S. J. (1582-1649)
Y LA INTRODUCCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS
OCCIDENTALES EN CHINA**

Albert Koenig

Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Hong Kong

RESUMEN

En el curso de su trabajo misionero, los jesuitas jugaron un papel importante en la transmisión de la ciencia y la tecnología occidentales a China durante los siglos XVII y XVIII. Si bien sus contribuciones a la astronomía, la elaboración de calendarios, las matemáticas, la geografía y el conocimiento mecánico se han investigado ampliamente, su impacto en la ingeniería hidráulica en China ha recibido poca atención hasta ahora. Como ejemplo, Giulio Aleni S. J. publicó en 1623 職方外紀 [*Zhifang Waiji*. Crónica de tierras extranjeras], la primera geografía mundial detallada en chino, en la que describió brevemente

varias obras famosas de ingeniería hidráulica occidental. Aquí seleccionamos de la obra de Aleni solo las relacionadas con el mundo hispánico, a saber, la máquina de elevación de agua de Toledo, el acueducto de Segovia, y la Ciudad del agua de México Tenochtitlán. La importancia y el significado de estas obras se describirán dentro de su contexto contemporáneo, utilizando dibujos y mapas históricos. Finalmente, se discuten brevemente las posibles razones para seleccionar estos trabajos, así como su impacto potencial en la ingeniería hidráulica china.

NOTA: El presente artículo es un resumen de la conferencia que dio el Dr. Koenig en International Water History Association (IWhA) el 28 de junio de 2015 (Trad.: José Ramón Álvarez)

El interés de los jesuitas en las preguntas hidrotécnicas comenzó cuando el jesuita Christopher Clavius (1538-1612) logró introducir las matemáticas como un curso obligatorio en el Ratio Studiorum. Este documento de 1599 estandarizó el sistema global de educación jesuita y modernizó la educación universitaria europea. En adelante, las matemáticas se enseñaron independientemente de la filosofía, e incluyeron astronomía, aritmética y geometría euclidiana, así como una amplia gama de ciencias relacionadas, tales como mecánica, hidrología, hidrostática, hidrotecnia, etc. Por lo tanto, la mayoría de los jesuitas obtuvieron una buena base en conocimientos científicos básicos, especialmente los que estudiaron en el Collegio Romano con los más distinguidos matemáticos jesuitas. Después de que los primeros misioneros jesuitas entraron a China en 1582, pronto descubrieron, en particular Matteo Ricci, S. J. (利瑪竇, 1552-1610) que el acceso a la clase literaria gobernante tenía más éxito mediante la introducción de la ciencia y la tecnología europeas. Si bien las contribuciones de los jesuitas a la astronomía, la elaboración de calendarios, las matemáticas, la geografía y el conocimiento mecánico se han investigado ampliamente (Standaert, 2003), su impacto en la ingeniería hidráulica en China ha recibido poca atención. Este documento analizará más de cerca la obra 職方外紀 [*Zhifang Waiji*. Crónica de tierras extranjeras], publicada en 1623 por Giulio Aleni, S. J. (艾儒略, 1582–1649) y Yang Tingyun (楊廷筠, 1557–1627). Aunque es la primera geografía mundial detallada en chino, también menciona varios trabajos de ingeniería hidráulica occidental. El objetivo de este trabajo es describir la importancia y el significado de estos trabajos dentro de su contexto contemporáneo, así como evaluar su influencia potencial en la ingeniería hidráulica china.

1. GIULIO ALENI, S. J. (1582-1649)

La vida de Aleni se ha convertido en tema de estudio académico recientemente. Pasó su carrera en las provincias fuera de Pekín y nunca sirvió a ningún emperador como astrónomo, agrimensor, relojero, diplomático o pintor de la corte, por lo tanto, en el pasado no ha recibido la atención que se merece (Luk, 1977). Sin embargo, a raíz de las celebraciones del 400 aniversario de su nacimiento, el interés ha aumentado considerablemente. Su ciudad natal de Brescia, Italia, creó un centro de investigación especial para investigar su vida y su trabajo a través de la organización de simposios y la publicación de sus escritos, (Menegon (1994), Lippiello (1997); de Troia (2009). Ahora Aleni es considerado uno de los jesuitas más distinguidos y exitosos en China, con una gran cantidad de importantes obras religiosas y científicas a su nombre, todas escritas en chino.

La información biográfica temprana sobre Aleni se puede encontrar en Pfister (1932), con énfasis en su trabajo misionero en China. Luk (1977) y Menegon (1994) suministraron biografías en relación con su investigación sobre *Zhifang Waiji*, el trabajo científico más conocido de Aleni. Chan (1997) y Colpo (1997) agregaron algunos aspectos nuevos. Collani resumió la información disponible proporcionando una larga lista de referencias y literatura sobre Aleni.

A continuación sigue un breve bosquejo biográfico basado en gran medida en Collani y otros, destacando su educación en ciencias.

Aleni nació en 1582 en una familia de baja nobleza en Brescia, una antigua ciudad italiana en la República de Venecia. En 1597, ingresó en el Colegio San Antonio en Brescia, donde estudió humanidades hasta 1600. Luego se unió a los jesuitas y permaneció dos años en el noviciado de la provincia de los jesuitas venecianos en Novellara, siguiendo la típica formación jesuita según la *Ratio Studiorum*. De 1602 a 1605 estudió filosofía en el colegio jesuita de Parma, tomando

los cursos de matemáticas y física requeridos, con el jesuita belga P. Johannes Verbier S. J. Luego enseñó durante dos años humanidades en la universidad jesuita dirigida por la nobleza en Bolonia. Allí leyó los libros del famoso astrónomo y geógrafo Giovanni Antonio Magini (1555-1617), que era profesor de astronomía en la Universidad de Bolonia. Debido al veredicto papal de 1606 contra la República de Venecia, Aleni no pudo regresar allí para sus estudios teológicos, pero, como uno de los estudiantes más brillantes de su clase, fue invitado al Collegio Romano en Roma. Allí probablemente estudió matemáticas con el jesuita flamenco P. Odo van Maelcote S. J. (1572-1615) desde que el famoso astrónomo y matemático Christopher Clavius S. J. (1537-1612) ya no enseñaba activamente. Finalmente, su deseo de convertirse en misionero le fue concedido por el general jesuita Claudio Aquaviva, con destino a China. Salió de Lisboa el 23 de marzo de 1609 en la “Nossa Senhora da Piedade”. A finales de 1610, llegó a Goa, y en enero de 1611, alcanzó el enclave portugués de Macao.

En Macao, Aleni estudió el idioma chino y enseñó matemáticas en el St. Paul’s College de 1611 a 1613. En una carta de 1611, informó al profesor Magini en Bolonia sobre un eclipse lunar que había observado el 9 de enero de 1610 en Goa, y un eclipse solar que había observado el 15 de diciembre de 1610 en Macao. En 1613, ingresó a China junto con otros jesuitas. En ese momento había unos 20 jesuitas en China. En el mismo año fue a Shanghai y desde entonces trabajó como misionero en Kaifeng, Nanjing, Shanghai, Hangzhou, Yangzhou, nuevamente Hangzhou, Jiangzhou y Changshu. En 1625 fundó la misión en Fujian, donde murió después de varios éxitos y vicisitudes en 1649.

Chan (1977) enumera cinco escritos científicos de Aleni:

- 1) *Zhifang waiji* [Crónica de tierras extranjeras], impreso 1623 en Hangzhou, reimpresso 1626 en Hangzhou.

- 2) *Xixuefan* [Conocimiento y erudición europea], impreso en 1623 en Hangzhou.
- 3) *Xingxue cushu* [Compendio de psicología], compuesto en 1624, impreso en 1646 en Fujian.
- 4) *Jihe Yaofu* [Métodos esenciales de geometría], impreso en 1631 en Fujian. Y,
- 5) *Xifang dawen* [Respuestas a preguntas sobre Occidente], impreso en 1637.

De los trabajos mencionados anteriormente, solo considera el primero y el cuarto como trabajos científicos en sentido estricto, mientras que el tercero pertenece a la categoría de filosofía, y el segundo y el quinto son introducciones a la cultura de Occidente.

2. ZHIFANG WAIJI

Zhifang Waiji no tiene un autor único, y en realidad es un esfuerzo colectivo de varios jesuitas. Li Zhizao (李之藻, 1565-1630) escribe en su prefacio que tanto Diego de Pantoja (龐迪我, 1571-1618) como Sabatino de Ursis (熊三拔, 1575-1620) recibieron la orden del Emperador Wanli (萬曆, 1572 -1620) para ofrecer una explicación al mapa que Matteo Ricci (利瑪竇, 1552-1610) había presentado al emperador en 1602. Sin embargo, su trabajo aún no se había completado cuando ambos murieron (Chan, 1997). En su propio prefacio, Aleni menciona que “más tarde se le ordenó a mi amigo Pantoja¹ que tradujera un mapa impreso en Occidente y presentó una traducción de la leyenda del mapa. Este trabajo fue muy popular en la sociedad de la capital,

[1] En el número 32 de *Encuentros en Catay* de 2019, pp.428-481, publicamos un Dossier sobre Diego de Pantoja (de quien habla Aleni en este artículo) para conmemorar el 400 aniversario de su muerte en Macao. [Aleni habla de él aquí]. También en este número de 2020 publicamos una reseña del libro sobre Pantoja *La cruz de ailanto* de Enrique Sáez Palazón.

pero nunca ha circulado en forma impresa. [...] Admiro el trabajo de mis predecesores, y no quiero verlo perdido en el tiempo. Por casualidad descubrí un viejo borrador entre sus documentos y, agregando materiales que traje conmigo de Occidente, edité la descripción general de las naciones...” (Luk, 1977). Aleni completó así *Zhifang waiji* agregando sus propios comentarios. Según Luk (1977), Aleni fue, por lo tanto, tanto compilador como autor. El coautor Yang Tingyun, un funcionario chino y antiguo converso católico, pulió el estilo del libro y ayudó a publicarlo en 1623 en su propia ciudad de Hangzhou. La figura 1 muestra la página del título y la primera página de texto de *Zhifang Waiji*.

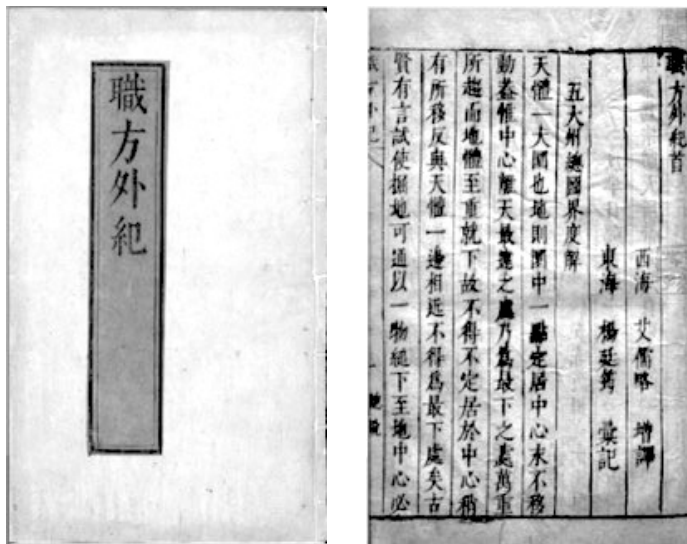


Fig. 1. Página de título y primera página de texto de *Zhifang Waiji* mostrando los nombres de los dos autores.

Fuente: www.wdl.org

Zhifang waiji divide el mundo en cinco continentes: Asia, Europa, Libia (África), América y “Magellanica”, este último ubicado en los mares en algún lugar entre el extremo sur de América del Sur y el Polo Sur. Se incluyen excelentes mapas, a saber, un mapa mundial elíptico,

cuatro mapas continentales y dos mapas de proyección polar, pero ninguna otra ilustración. Después de descripciones generales de cada continente, se cuentan varios hechos y ficciones sobre cada país, con énfasis en Europa. Luk (1977) considera que es mucho más un trabajo didáctico que realista, con el objetivo de colocar a Europa en una posición ventajosa ante las postrimerías del imperio Ming.

Se pueden encontrar resúmenes más detallados y evaluaciones del trabajo en Luk (1977), Menegon (1994), Chan (1997), Zürcher (2001) y Hsia (2011). Recientemente, Paolo de Troia completó la primera traducción anotada de *Zhifang Waiji* a un idioma occidental, a saber, italiano. Fue publicado por el Centro Giulio Aleni en la ciudad natal de Aleni, Brescia, bajo el título: *Giulio Aleni 艾儒略 . Ai Rulüe, Geografia dei paesi stranieri alla Cina: Zhifang-waiji 職方外紀*, trad. introd. e note di Paolo De Troia (Aleni, 2009).

3. OBRAS Y MÁQUINAS DE INGENIERÍA HIDRÁULICA OCCIDENTAL MENCIONADAS EN ZHIFANG WAIJI

3.1. MÁQUINA HIDRÁULICA DE TOLEDO (ARTIFICIO DE JUANELO TURRIANO)

En la ciudad de Duoleduo [Toledo] la gente en la cima de una montaña transportaba agua desde el pie de la montaña para abastecer [a la gente] allí. Transportar [el agua] fue muy duro y difícil. En los últimos cien años, hubo una persona ingeniosa que fabricó una máquina hidráulica que podía transferir el agua a la ciudad en la montaña sin depender de la mano de obra, y esta máquina podía funcionar día y noche por sí misma. (Aleni, sección sobre España, Europa).

Toledo, la ciudad de tres civilizaciones (cristiana, musulmana y judía), fue la sede histórica de los gobiernos desde la época de los visigodos, el Emirato de Córdoba y el reino de Castilla hasta 1561, cuando

la capital de España fue trasladada por Felipe II a Madrid. Estaba estratégicamente ubicado en la cima de una montaña que dominaba el castillo real (Alcázar), y estaba rodeado por tres lados por el río Tajo. Sin embargo, su topografía inusual hizo que el suministro de agua fuera extremadamente difícil. Finalmente, después de que varios intentos anteriores habían fallado, Juanelo Turriano (1501-1585), un maestro relojero, ingeniero y matemático italiano-español al servicio de Carlos V y Felipe II, recibió el encargo en 1565 de elaborar un plan. Diseñó un sistema muy ingenioso capaz de superar la diferencia de más de 100 m de desnivel entre el río Tajo y los embalses del Alcázar. Su máquina hidráulica, el llamado Artificio de Juanelo, se completó en 1569 y entregaba 12,4 m³ de agua al día. La corriente del río en sí sirvió como la fuerza motriz del Artificio al mismo tiempo que abastecía el agua (Bautista et al., 2010). Un mapa de Toledo de 1598 destaca específicamente el Artificio, que también se llamaba Ingenio (Fig. 2).



Fig. 2. Mapa de Toledo (extracto) que indica El Ingenio (Artificio) de Juanelo Turriano).

Fuente: Georg Braun y Franz Hohenberg (1598)
Civitates Orbis Terrarum, vol. V. Cologne.

Este Artificio único fue ampliamente admirado en ese momento porque ninguna otra ciudad en Europa podría presumir de un suministro de agua comparable. Las bombas y tuberías utilizadas en la tecnología contemporánea no podían elevar el agua a niveles tan altos, ni siquiera 100 años después. Debido a que el agua entregada se usó principalmente en el Alcázar, Juanelo construyó para los habitantes de la ciudad entre 1575 y 1581 un segundo Artificio, que fue operado por su familia. Sin embargo, debido a la falta de mantenimiento y fondos, ambos Artificios dejaron de funcionar después de 1609 o, según a otra fuente, en 1617. Los últimos restos fueron demolidos en 1868 (Escosura y Morrogh, 1888).

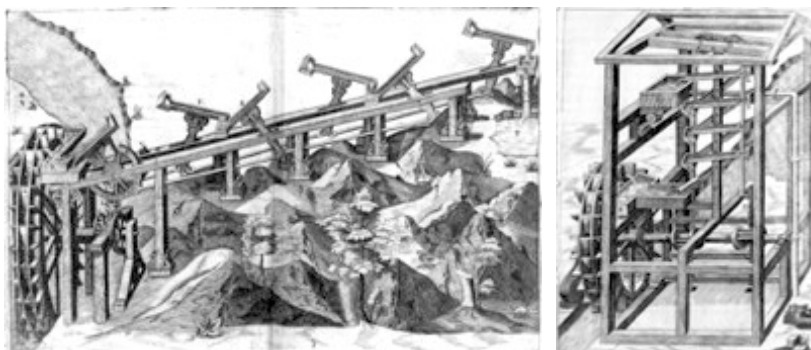


Fig. 3. Dos posibles versiones del Artificio de Juanelo Turriano.
Fuente: Agostino Ramelli (1588), *La máquina diversa y artificiosa del Capitan Agostino Ramelli...* París, láminas 95 y 96 .

¿Cómo funcionaba el Artificio? No existen dibujos suficientemente detallados o descripciones técnicas para explicar los mecanismos exactos. El amigo de Juanelo, Ambrosio Morales (1575) dejó una descripción en elogio del Artificio (*Antigüedades de las Ciudades de España*), pero no tenía mucho sentido. Se cree que las placas 95 y 96 en *Le divers et artificieuse machine* (1588) del ingeniero italiano Agostino Ramelli (1531-1610) dan una idea aproximada de cómo podría haber funcionado y lucido el Artificio (Fig. 3).

Sin embargo, no es seguro si Ramelli vio el Artificio o conoció a Turriano. García de Céspedes (1606), cosmógrafo e ingeniero hidráulico español, prometió una descripción detallada con dibujos en un libro titulado “Libro de mecánicas donde se pone el razón de todas las máquinas”, que desafortunadamente nunca se publicó. También afirmó que el Artificio era propenso a reparaciones y que propondría una mejor solución. En los últimos tiempos, se han hecho muchos intentos para reconstruir, al menos virtualmente, el Artificio de Juanelo debido a su importancia en la historia de la ingeniería (Escosura y Morrogh, 1888; Beck, 1899; Bermejo Herrero et al.). El intento de Ladislao Reti (1901-1973), exitoso ingeniero químico, industrial e historiador de la ciencia, se muestra en la Fig. 4 (Bautista et al., 2010). El manuscrito *Los Veintiún Libros de los Ingenios y de las Máquinas* (Anónimo, 1570?), el tratado más completo sobre ingeniería hidráulica y del agua de la España del siglo XVI, a menudo se atribuye a Juanelo Turriano, pero su autoría sigue siendo controvertida, de ahí que el nombre de Pseudo-Juanelo Turriano a menudo se prefiere en su lugar. La primera edición facsímil de tamaño completo se publicó solo en 1998: *Los veintiún libros de ingeniería y máquinas de Juanelo Turriano*, 5 vol. en español, 2 vol. trad.: Alexander Keller. Doce Calles, Madrid.

La Fundación Juanelo Turriano (www.juaneloturriano.com), creada en 1981 para promover el estudio de la historia de las diversas ramas de la ciencia y la tecnología, con especial énfasis en la historia de la ingeniería, se fundó como un homenaje a Turriano.

El Artificio de Juanelo sin duda fue visto en funcionamiento por Pantoja, que estudió varios años en Toledo antes de su partida a China en 1602. Aleni y de Ursis, así como otros misioneros destinados a China, podrían haberlo visto camino a Lisboa, el punto obligatorio de embarque para China, ya que los misioneros a menudo viajaban por tierra desde Barcelona a través de España. *Zhifang Waiji*, de Aleni,

subraya correctamente la importante capacidad de autoabastecimiento del Artificio, pero no parece mencionar el segundo Artificio. Irónicamente, cuando se publicó el libro en 1623, los Artificios ya habían dejado de funcionar.

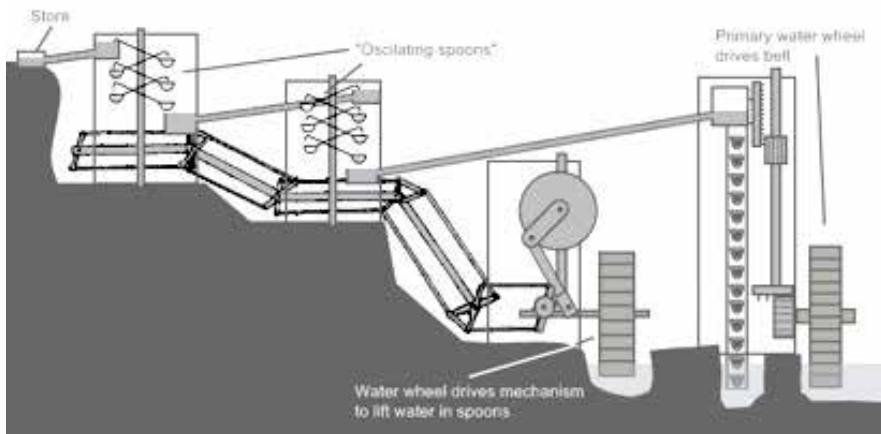


Fig.4. Diagrama esquemático de Artificio de Juanelo según la reconstrucción de Ladislao Reti (1901-1973), ingeniero químico, industrial e historiador de la ciencia.

Fuente: upload.wikimedia.org

3.2. ACUEDUCTO DE SEGOVIA

Está la ciudad de Sai'weiya [Segovia], que carecía de una fuente de agua. Lo transportan desde una montaña lejana en un puente de piedra sobre el cual está construido un conducto. Erigido sobre pilares, se extiende varias decenas de li². (Aleni, sección sobre España, Europa).

Segovia es conocida por el magnífico puente del acueducto en el centro de la ciudad, uno de los más grandes y mejor conservados del

[2] Un li 里, equivale modernamente a unos 500 m. En las antiguas traducciones solía traducirse como milla, lo que causaba confusión, porque generalmente su valor nunca pasó de una tercera parte de la milla, prefiriéndose actualmente la traducción de milla china o simplemente li.

Imperio Romano. El puente del acueducto tiene 728 m de longitud, con una altura máxima de 29,50 m y consta de un total de 167 arcos (75 simples y 44 dobles). Todo el acueducto en sí tiene unos 15 km de largo. Por extraño que parezca, ningún registro escrito menciona la existencia de una ciudad romana o la construcción del acueducto. Basado en una reconstrucción de su inscripción, Alföldy (1997) cree que el acueducto fue construido por el emperador Domiciano alrededor del año 90 e inaugurado por el emperador Trajano en 98, poco después de que Segovia había sido elevada al estado de *municipium*.

La figura 5 muestra la representación pictórica más antigua del acueducto de Segovia, un grabado realizado alrededor de 1530 por el pintor holandés Jan Cornelisz Vermeyen (1500-1559), que estaba al servicio de Carlos V, Sacro Emperador Romano y Rey de España. No fue hasta el siglo XIX cuando se volvieron a hacer algunos grabados.

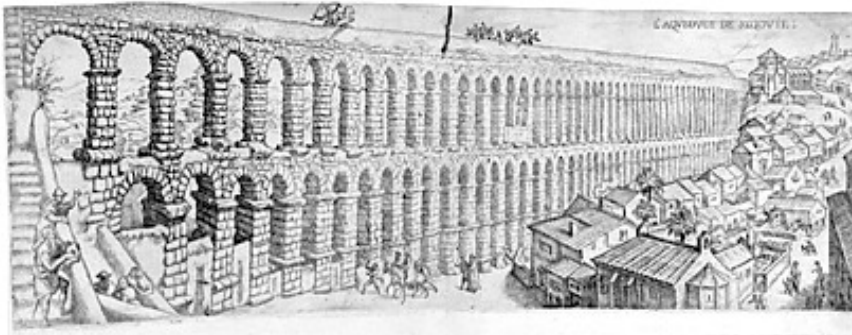


Fig. 5. El acueducto de Segovia (c1530, grabado de Jan Cornelisz Vermeyen [1500-1559]).

Fuente: Museo Metropolitano de Nueva York.

Los libros de geografía de que disponía Aleni no mencionan a Segovia en absoluto, pero la *Historia de rebus Hispaniae* (1605) de Juan de Mariana, S. J., afirma que el acueducto fue construido por el emperador Trajano o al menos durante su reinado (98-117), por lo tanto, es la fuente documentada más antigua que nombra a Trajano como su

constructor. Sin embargo, la inclusión del acueducto en *Zhifang Waiji* se debe probablemente a Diego de Pantoja, un nativo de España que había estudiado varios años en Toledo y probablemente había visto el acueducto. El acueducto de Segovia es único, ya que se ha utilizado casi sin interrupción desde la época romana hasta finales del siglo XX. La única restauración importante tuvo lugar después de 1483 durante el reinado de los Reyes Católicos, Fernando II de Aragón e Isabel I de Castilla (1474-1516) cuando 36 arcos dañados durante un ataque musulmán en 1072 fueron reconstruidos cuidadosamente (Gómez de Somorrostro, 1835; Ramírez Gallardo, 1975). En 1985, el casco antiguo de Segovia y su acueducto fueron declarados Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

3.3. CIUDAD DEL AGUA DE MÉXICO TENOCHTITLÁN

En la parte norte [de América del Norte] llamada Nueva España hay un gran país llamado México. Dentro de sus fronteras hay treinta estados vasallos y dos grandes lagos, uno de agua dulce y otro de agua salada, que no tienen comunicación con el mar. En el lago salado, el nivel del agua aumenta y disminuye como la marea... La capital recientemente construida tiene una circunferencia de 48 li. No se construye en tierra sino que se crea en el lago al juntar madera con madera dura en el lago. En la parte superior se colocan tablas que soportan paredes y edificios. La madera se llama dulu; cuando se pone en el agua no se pudre por mil años. La red de carreteras es amplia y los edificios son espaciosos y bellamente decorados. (Aleni, sección sobre México, América del Norte).

La descripción anterior es muy similar a las que se encuentran en los libros contemporáneos sobre geografía mundial, que se basaron en gran medida en la segunda carta de Hernán Cortés (1485-1457) del 30

de octubre de 1520. Un número sorprendentemente grande de tales libros se publicaron en Venecia, (p. Ej. Bordone, 1528; d'Anghiera, 1534; Ramusio, 1556; Magini, 1598), tal vez porque, similar a Venecia, México, Tenochtitlán fue construido en el agua. Por lo tanto, Aleni, como nativo de la República de Venecia, puede haber tenido una razón adicional para incluir una descripción de México en su libro. También se informa que, al principio, Aleni deseaba ir como misionero a Perú (Colpo, 1997; Collani), pero luego fue destinado al Lejano Oriente. La figura 6 muestra un mapa temprano de Tenochtitlán, que se remonta al mapa creado por Hernán Cortés, publicado por primera vez en 1524 en Nuremberg. Sorprendentemente, Aleni no se refiere al famoso acueducto de doble tubería de Tenochtitlán descrito por Cortés y claramente indicado en su mapa, ni la *Moderne tavole di geografia* de Magini (1598), ni la *Americae Nona & postrema pars* de De Bry's (1602), ambos textos de los que podía disponer Aleni.

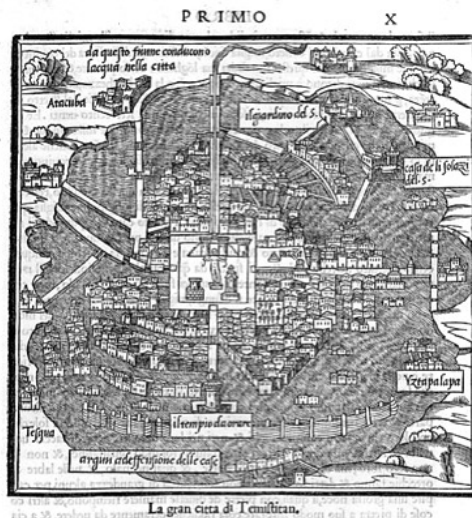


Fig. 6. Mapa de México Tenochtitlán.

Fuente: Benedetto Bordone, Libro di Benedetto Bordone nel qual si ragiona de tutte l'isole del mondo. Venecia: Nicolo d'Aristotile, 1528.

Como en la sección sobre Venecia, Aleni menciona el nombre de la madera utilizada para apilar. La pregunta intrigante es de dónde obtuvo el nombre de “dulu”, a pesar de que este nombre nunca aparece en ninguno de los libros de geografía conocidos. Por extraño que parezca, la respuesta puede recaer en su cohermano jesuita Johann Schreck (1576-1630), también llamado Johannes Terrentius, quien llegó a 1621 a Hangzhou, donde permaneció un año con Aleni en la residencia jesuita. Antes de ingresar en la Compañía de Jesús en 1611, Schreck era un conocido médico y polímata, así como miembro de la sociedad científica Accademia dei Lincei en Roma, cuyos otros miembros incluían a Galileo Galilei. En 1610 había trabajado en la Academia, en la sección de botánica con una copia manuscrita de Nardo Antonio Recchi, en la que se describe la fauna y flora de México según Francisco Hernández. El Dr. Francisco Hernández (1514-1587), un eminente médico y naturalista de la corte española, fue enviado por Felipe II para dirigir la primera expedición científica al Nuevo Mundo 1570-1577, para estudiar su historia natural, particularmente para recolectar las plantas medicinales de la región. Después de varias revisiones y reveses, el notable libro *Rerum medicarum Novae Hispaniae thesaurus, seu, Plantarum animalium mineralium Mexicanorum historia* ex Francisci Hernandez ..., finalmente se imprimió en Roma en 1651, mencionando en la portada el nombre de Johann Terrentius como colaborador. Por cierto, Johann Terrentius es mencionado por su nombre chino Deng Ruowang en la sección de *Zhifang Waiji* en India donde descubrió más de quinientas especies de plantas hasta entonces desconocidas (Chan, 1997).

Bajo el encabezado ‘Ahoehoetl’ se encuentra la siguiente descripción:

[...] la madera [de Ahoehoetl] es blanda y flexible y muy propensa a deteriorarse y pudrirse, sobre todo si es empujada al suelo (contrario

a la del cedro, que se dice que es muy duradero y casi inmortal), aunque en el agua permanece entera por más tiempo: por eso los jefes y reyes mexicanos han tenido la costumbre de dejarlo como la base y los cimientos de los edificios que construyen en la laguna. (*El tesoro mexicano: los escritos del Dr. Francisco Hernández*. Traducción del inglés en Simon Varey, ed. (2000) Stanford University Press, Stanford, California, p. 198/9).

Ahoehoetl, ahora escrito como “huehuetl”, es el nombre azteca de *Taxodium mucronatum*, comúnmente llamado ciprés de Montezuma o árbol de tule. El nombre “dulu” podría derivarse del árbol de tule, aunque los textos contemporáneos nunca mencionan ese término. Lo más probable es que “dulu” sea una transcripción china simplificada de “ahoehoet” utilizando solo la última sílaba “etl”. Ptak (2010) informa de una explicación similar, incluso más simple, propuesta por el científico chino Jin Guo-ping: llamar al árbol un cedro, (en italiano o portugués), y conociendo la dificultad china de pronunciar la ‘r’, la palabra para cedro en chino acabaría convirtiéndose en ‘dulu’.

De todos modos, los aztecas plantaban postes de madera de ahuehuetl en empalizadas dentro del lago poco profundo de Texcoco, y llenaban el espacio entre piedras con tierra y barro. De esta manera, podrían convertir los lagos en sitios de construcción. En el caso de crear tierras de cultivo como las famosas chinampas, también llamadas jardines flotantes, las áreas cerradas (ca. 90 x 5 a 10 m) se llenaban solo con barro y tierra del lecho del lago para el crecimiento de los cultivos. Las chinampas estaban separadas por canales lo suficientemente anchos para que pasara una canoa.

En 1987, el Centro Histórico de la Ciudad de México y Xochimilco fueron declarados Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. Xochimilco aún conserva el sistema chinampa de canales e islas artificiales que datan del pasado precolonial. La ciudad de México se

encuentra ahora en tierra firme después del drenaje del lago original durante el período colonial español. A partir del siglo XVII, se construyeron obras de ingeniería masivas que no se completaron hasta el siglo XX.

Por cierto, el “descubrimiento” de la capital azteca de Tenochtitlán también tuvo repercusiones en Venecia, su “ciudad paralela”. El influyente patricio veneciano, humanista y arquitecto Alvise Cornaro (1584-1656) se inspiró en el mapa de Tenochtitlán en su visión radical para reorganizar la laguna veneciana: diquearla para mantener a Venecia aislada en un lago de agua dulce (terrestre). Del mismo modo, renovó las propuestas para un suministro permanente de agua dulce por medio de un acueducto desde el continente (Tafari, 1995). El proyecto MOSE (Modulo Sperimentale Elettromeccanico), actualmente en construcción a un costo de más de 5 mil millones de euros, sigue parcialmente al dique de la laguna. Las filas de puertas móviles deben aislar temporalmente la laguna veneciana del mar Adriático para proteger a Venecia y la laguna de las mareas altas (http://en.wikipedia.org/wiki/MOSE_Project). Cabe recordar que Tenochtitlan usó un dique simple con esclusas para controlar los movimientos cuasimareales del lago Texcoco.

4. FUENTES DE INFORMACIÓN Y CRITERIOS DE SELECCIÓN

Con la excepción de la Ciudad de México, todos los demás trabajos o máquinas de ingeniería hidráulica se han limitado a España, y habían sido vistos o experimentados personalmente por Aleni, de Ursis, Diego de Pantoja o sus compañeros jesuitas antes de su partida a China. La colección de libros jesuitas en China podría haber proporcionado información adicional relevante, por ejemplo con libros generales de geografía renacentista como Ramusio, (1563, 1583), Ortelius (1570, 1595)

y Magini (1598) (Verhaeren, 1949). Aunque la mayoría de los libros se guardaron en la residencia jesuita de Beijing, Aleni pudo haber tenido acceso o visto algunos de ellos en Hangzhou en su tránsito a Beijing; incluso pudo haber leído algunos de ellos mientras estaba en Europa. Sin embargo, a excepción de breves descripciones de las ciudades de Venecia y México, los libros de geografía no contenían información específica sobre los trabajos de maquinaria de ingeniería hidráulica. Los libros disponibles sobre hidráulica y arquitectura, como Barbaro (1567) y Ramelli (1588), contenían ilustraciones generales de la bomba de tornillo Archimedean, máquinas hidráulicas y fuentes, pero ninguno de los ejemplos descritos por Aleni (Koenig, 2014). Otros libros posiblemente relevantes con información específica ya fueron citados anteriormente. Aleni escribió en su prólogo a *Zhifang Waiji*: “[...] He recopilado las experiencias de todos mis camaradas que han viajado en diferentes partes del mundo a este libro, para que el lector pueda quedarse en casa y aprender todo sobre cerca de ... “ (Luk, 1977). “Por lo tanto, es posible que Aleni no haya utilizado ningún trabajo de referencia y simplemente haya complementado las notas de Ricci y Pantoja con su propio conocimiento general [y el de otros jesuitas]”. (Luk, 1977).

Es más difícil identificar los criterios de selección utilizados para determinar la inclusión de los trabajos descritos. Algunos criterios posibles son: (i) novedad de los trabajos con respecto a la China de los Ming, es decir, tales trabajos estuvieron completamente ausentes; (ii) demostración de logros de ingeniería inusuales como la construcción de acueductos o ciudades en el agua; (iii) utilidad práctica para el beneficio de personas como máquinas hidráulicas para el suministro de agua y riego; (iv) antigüedad, aunque no se menciona explícitamente; y (v) aplicación de las matemáticas para crear maravillosos efectos hidromecánicos como los que se encuentran en los jardines del Renacimiento.

Con respecto a este último aspecto, se debe prestar especial atención a la influencia de los maestros jesuitas Christopher Clavius (1538-1612) y Christoph Grienberger (1561-1636) en el Collegio Romano, quienes proporcionaron a Aleni y de Ursis una formación avanzada en matemáticas teóricas y aplicadas. Por ejemplo, en el famoso Problema Terra Aureum de 1603 de Grienberger destaca explícitamente el papel práctico de las matemáticas al aconsejar: “Vaya y lea el De spiritualibus de Hero, con sus variados juegos de aire y agua para satisfacer nuestro deseo; vaya a Toledo donde el agua del Tajo llega a la cima de la montaña debido al genio italiano [Juanelo Turriano]; vaya a Tivoli, donde la canción de los pájaros y donde los maravillosos rugidos de las aguas sorprenden ideados por el arte galo [Luc de Clerc y Claude Venard]; y finalmente, si no puede salir de la ciudad de Roma, suba a la colina del Quirinal y camine por los jardines papales, donde uno puede relajarse con el sonido de un órgano, con solo el flujo de agua que proporciona el aire y conduce las ruedas, sin nadie jugando.” (En Gorman, 2003). En otro pasaje, Grienberger describe a Arquímedes como un practicante matemático más exitoso, demostrado por sus hazañas militares y de otro tipo. Por cierto, estas hazañas se describen en *Zhifang Waiji* de Aleni en la sección de Italia, en la isla de Sicilia. Por lo tanto, en mi opinión, los tres elementos Toledo, Villa d’Este (incluido posiblemente el Palacio del Quirinal) y Arquímedes se remontan a Grienberger, que proporcionó el fuerte sustento intelectual.

5. IMPACTO DE ZHIFANG WAIJI

Yuanxi qiqi tushuo luzui 遠西奇器圖說錄最, a menudo abreviado como *Qiqi tushuo* 奇器圖說 [Diagramas y explicaciones de las maravillosas máquinas del Lejano Oeste], fue el primer y más importante libro en presentar el conocimiento mecánico occidental a una audiencia china. Fue coescrito por el jesuita Johann Schreck (1576-1630) y el erudito

chino Wang Zheng (王徵 1571-1644), un converso católico. Publicado en 1627, incluía varias ilustraciones de la bomba de tornillo de Arquímedes, así como de muchas otras máquinas de Ramelli (1588) y otros autores occidentales. Sin embargo, como dijo Wang Zheng en el prefacio, *Qiqi tushuo* no podría haberse escrito sin la publicación previa de *Zhifang Waiji*:

Había leído sobre esas personas extrañas y cosas grabadas en *Zhifang Waiji* por casualidad. Después de leer no muchas páginas, conté una o dos máquinas maravillosas entre ellas, que no eran absolutamente comparables con lo que vimos y escuchamos aquí. Por ejemplo, se dice que en la ciudad de Duoleduo [Toledo] la gente en la cima de una montaña transportaba agua desde el pie de la montaña para abastecer [a la gente] allá arriba. Transportar [el agua] fue muy duro y difícil. En los últimos cien años, hubo una persona ingeniosa que fabricó una máquina hidráulica que podía transferir el agua a la ciudad en la montaña sin depender de la mano de obra, y esta máquina podía funcionar día y noche por sí misma. Otro ejemplo decía que Yaerjimode [Arquímedes], que era astrónomo...

Obviamente, Wang Zheng quedó muy impresionado con la máquina de levantamiento de agua de Toledo, como lo atestigua el pasaje anterior con la descripción literal del libro de Aleni. En consecuencia, decidió colaborar con los jesuitas para introducir el conocimiento mecánico occidental en China. *Qiqi tushuo* tuvo bastante éxito, fue reimpresso varias veces e incluso llegó a Corea y Japón.

Cuando P. Ferdinand Verbiest, S. J. presentó su mapa mundial *Kunyu quantu* 坤輿全圖 [Un mapa del mundo entero] al Emperador Kangxi en 1674, incluyó una larga descripción titulada *Kunyu tushuo* 坤輿圖說 [Explicación ilustrada del mundo entero]. La descripción de los distintos países se tomó casi literalmente del *Zhifang waiji* de

Aleni, de modo que a veces Aleni figura como coautor a pesar de que ya había fallecido en 1649. Todos los trabajos hidráulicos y máquinas mencionadas por Aleni se incluyeron con la excepción del acueducto de Segovia. En 1674, el Artificio de Juanelo en Toledo había dejado de funcionar hacía mucho tiempo, aunque Verbiest podría no haber sido consciente de ello. *Zhifang waiji* y *Yuanxi qiqi tushuo luzui* y *Kunyu tushuo* fueron seleccionados para su inclusión en el *Siku Quanshu*, la gran enciclopedia del Emperador Qianlong producida entre 1783 y 1792. Luk (1977) ofrece una descripción más detallada de la historia de transmisión de *Zhifang waiji* en la China de los Ming y Qing.

CONCLUSIÓN

Se podría demostrar que *Zhifang waiji* de Aleni presentó a los eruditos chinos una impresionante selección de logros de ingeniería y maquinaria hidráulica occidental “de vanguardia”. Varían desde infraestructura de suministro de agua urbana (acueductos) hasta máquinas hidráulicas avanzadas (Artificio de Juanelo, bomba de tornillo de Arquímedes) e incluso técnicas de cimentación para construir ciudades en el agua (Venecia y México), completadas con los últimos autómatas neumáticos-mecánicos (fuentes, pájaros cantores, órganos acuáticos) en jardines renacentistas, todos desconocidos en China. Los ejemplos elegidos estaban destinados a demostrar la inventiva y el ingenio occidentales para la aplicación práctica, así como el placer estético, basado en sólidos principios matemáticos y científicos. Sin embargo, las tecnologías introducidas no pudieron satisfacer las necesidades reales de China y despertaron en su mayoría una curiosidad educada pero poca emulación en la práctica. Por varias razones, la transferencia de conocimientos hidráulicos y mecánicos se mantuvo limitada a unas pocas publicaciones. Solo después de la apertura forzada de China a raíz de

las Guerras del Opio, el interés en la ciencia y la ingeniería occidentales aumentó sustancialmente.

La mayoría de las obras hidráulicas introducidas por Aleni han sido declaradas Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, testimonio de su selección inteligente. Aunque su misión principal era convertir a los chinos, su sólida formación matemática y científica demostró ser muy útil en este esfuerzo. La compilación de *Zhifang Waiji* fue solo un ejemplo combinando los recursos intelectuales de los jesuitas en China para lograr sus objetivos.

REFERENCIAS

- Acosta, José de, S. J. (1590). *Historia natural y moral de las Indias: en que se tratan las cosas notables del cielo, y elementos, metales, plantas, y animales dellas: y los ritos, y ceremonias, leyes, y gouierno, y guerras de los Indios*. Sevilla: Juan de León.
- Aleni, Giulio, S. J. y Yang Tingyun (1623). *Zhifang Waiji* 職方外紀 [Crónica de tierras extranjeras]. Hangzhou.
- Aleni, Giulio, S. J. (2009). *Geografia dei paesi stranieri alla Cina (Zhifang-Waiji)*, Paolo De Troia (Ed.). Brescia: Fondazione Civiltà Bresciana, Centro Giulio Aleni.
- Alföldy, Géza (1997) *Die Bauinschriften des Aquäduktes von Segovia und des Amphitheaters von Tarraco*. Berlin: Walter de Gruyter.
- Anónimo (1570?) *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano (c.1500-1585)*.
- Bautista, Emilio; Muñoz, José Luis, y Javier Echávarri (2010). “Juanelo (1501-1585)”. En *Distinguished figures in mechanism and machine science: their contributions and legacies*, Part 2. M. Ceccarelli (Ed.). Dordrecht: Springer Science + Business Media B. V., pp. 95-110.

- Beck, Theodor (1899). “Juanelo Turriano (1500-1585)”. En: Th. Beck, *Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaus*. Berlin: Julius Springer, pp. 365-390.
- Bermejo Herrero, Miguel; González Conde, Lucas; Del Río Cidoncha, María Gloria, y Juan Martínez Palacios. *Reconstrucción virtual del Artificio de Juanelo Turriano para elevar agua del Río Tajo a Toledo*. (Artículo).
- Candiani, Vera S. (2014). *Dreaming of dry land: Environmental transformation in Colonial Mexico City*. Standford: Stanford University Press.
- Chan, Albert, S. J. (1997). “The scientific writings of Giulio Aleni and their context”. En: *Scholar from the West: Giulio Aleni S. J. (1582-1649) and the dialogue between Christianity and China*. Tiziana Lippiello y Roman Malek (Eds.). Nettetal: Steyler Verlag, pp. 455-478.
- Collani, Claudia von (s. a.). *Biography of Giulio Aleni, S. J. China missionary*. <http://stochastikon.no-ip.org:8080/encyclopedia/en/aleni-Giulio.pdf>.
- Colpo, Mario (1997). “Giulio Aleni’s cultural and religious background”. En: *Scholar from the West: Giulio Aleni S.J. (1582-1649) and the dialogue between Christianity and China*. Tiziana Lippiello y Roman Malek (Eds.). Nettetal: Steyler Verlag, pp.73-83.
- Echávarri Otero, Javier y otros [Andrés Díaz Lantada, José Luis Muñoz Sanz, Marco Ceccarelli, Emilio Bautista Paz, Pilar Lafont Morgado, Pilar Leal Wiña, Juan Manuel Munoz-Guijosa, Julio Muñoz-García, Héctor Lorenzo-Yustos] (2009). “The twenty-one books of devices and machines: An encyclopedia of machines and mechanisms of the 16th century”. *International Symposium on History of Machines and Mechanisms: Proceedings of HMM2008*, Hong-Sen Yan y Marco Ceccarelli, (Eds.). Springer Science + Business Media B. V., pp. 115-132.

- Escosura y Morrogh, Luis de la (1888). “El artificio de Juanelo y el Puente de Julio Cesar”. *Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*, tomo XIII, parte 2ª, 1888, 113 pp. Madrid: Aguado.
- García de Céspedes, Andrés (1606). *Libro de instrumentos nuevos de Geometría, muy necesarios para medir distancias, y alturas, sin que intervengan números, cómo se demuestra en la práctica. De más desto se ponen otros tratados, como es uno de conducir aguas*. Madrid: Juan de la Cuesta.
- Gómez de Somorrostro, Andrés (1820). *El acueducto y otras antigüedades de Segovia*. Madrid: D. Miguel de Burgos.
- Gorman, Michael John (2003). “Mathematics and modesty in the Society of Jesus: The problem of Christoph Grienberger”. En: *The New Science and Jesuit Science: Seventeenth Century Perspectives*. Mordechai Feingold (Ed.). Kluwer, Dordrecht, pp.1-120.
- Hsia, Ronnie Po-Chia (2011). “Jesuit representations of Europe to China in the early modern period”. En: *Departure for modern Europe: A handbook of modern philosophy (1400-1700)*. Hubertus Busche (Ed.). Hamburg: Felix Meiner, pp. 792-803.
- Koenig, Albert (2014). “Western books on hydraulics in the historic Beitang Library of the Jesuits in Beijing, China (1583-1773)”. En: *IWA Regional Symposium on Water, Wastewater and Environment: Traditions and Culture, 22-24, March 2014*. I. K. Kalavrouziotis y A. N. Agelakis (Eds.), Hellenic Open University, Patras (Greece), pp. 251-264.
- Lippiello, Tiziana y Roman Malek (Eds.) (1997). “Scholar from the West”. En *Giulio Aleni S. J. (1582-1649) and the dialogue between Christianity and China*. Monumenta Serica Monograph Series XLII, Nettetal: Steyler Verlag.

- Luk, Bernard Hung-kay (1977). “A Study of Giulio Aleni’s “Chih-fang wai-chi” 職方外紀”. *Bulletin of the School of Oriental and African Studies*. University of London, Vol. 40(1), pp. 58-84.
- Menegon, Eugenio (1994). *Un solo cielo; Giulio Aleni S. J. (1582-1649): geografia, arte, scienza, religione dall’ Europa alla Cina*. Brescia: Grafo.
- Morales, Ambrosio (1575). *Las antigüedades de las ciudades de España: que van nombradas en la Coronica, con la aueriguacion de sus sitios, y nōmbres antiguos*. Alcalá de Henares: Juan Íñiguez de Lequerica.
- Pfister, Louis S. J. (1932). “Le P. Jules Aleni”. En: *Notices biographiques et bibliographiques sur les Jésuites de l’ancienne Mission de Chine 1552-1773, Tome I*. Chang-hai: Imprimerie de la Mission Catholique, orphelinat de T’ou-Se-We, pp. 126-136.
- Ptak, Roderich (2009). “Giulio Aleni 艾儒略 (Verf.)”. En: Paolo de Troia (Übersetzung, Einführung, Anmerkungen). *Geografia dei paesi stranieri alla Cina, Zhifang Waiji*職方外紀. Brescia: Fondazione Civiltà Bresciana, Centro Giulio Aleni, (2009).
- Ramírez Gallardo, Aurelio (1975). *Supervivencia de una obra hidráulica: el acueducto de Segovia*. Segovia: Artes Gráficas Soler.
- Recchi, Nardo Antonio; Hernández, Francisco; Terrentius y Johannes Lynceus (1651). *Rerum medicarum Novae Hispaniae thesaurus, seu, Plantarum animalium mineralium Mexicanorum historia ex Francisci Hernandez...* Romae: Mascardi.
- Schreck, Johann, S. J. y Wang, Zheng (1627). *Yuanxi qiqi tushuo luzui* (often abridged as *Qiqi tushuo*) [*Diagrams and explanations of the wonderful machines of the Far West*]. Yangzhou.
- Ursis, Sabatino de, S. J. y Xu, Guangqi (1612). *Taixi shuifa: [6 juan]: [variously translated as Water methods of the Great West, Hydraulic machinery of the West, Western methods of hydraulics]*. Peking, China. [Included in Xu Guangqi’s *Nongzheng Quanshu* (On agriculture) of 1640].

- Varey, Simon (Ed.) (2000). *The Mexican treasury: the writings of Dr. Francisco Hernandez*. Stanford: Stanford University Press, pp. 198-199.
- Verhaeren, Hubert (1949). *Catalogue de la Bibliotheque du Pe-t'ang*. Pekin: Imprimerie des Lazaristes.
- Zürcher, Erik (2001). "China and the West: the image of Europe and its impact". En: *China and Christianity: burdened past, hopeful future*. Stephen Uhalley, Jr. y Xiaoxin Wu (Eds.). Armonk, NY: M.E. Sharpe, pp. 43-61. http://www.juaneloturriano.com/docs/default-source/Actividades.-Juanelo-Turriano/reconstruccion_virtual_del_artificio_de_juanelo.pdf?sfvrsn=0