

Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas: composición, reconstrucción arqueológica, proceso de copia, copistas, datación

POR MARÍA ISABEL OSTOLAZA ELIZONDO

1. PLAN DE COMPOSICIÓN DE LA OBRA

Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas es el título de un manuscrito conservado en la Biblioteca Nacional de Madrid. No conociéndose el autor, se atribuye a un Pseudo-Juanelo Turriano¹; nos referimos a él, en adelante, como PJT. Son en realidad cuatro los tratados que tienen como común denominador la presencia del agua como agente necesario para la vida, como fuerza motriz, o como fuerza de la naturaleza a la que hay que dominar y encauzar para servirse de ella en las múltiples actividades que en la industria y el comercio han permitido la mejora de condiciones de vida del género humano.

La ordenación actual de la obra rompe con el plan de composición primitivo, que sigue una lógica expositiva que trata de desarrollar hasta sus últimas consecuencias todo lo conocido sobre el agua y sus aplicaciones, pudiendo considerarse el conjunto como una obra elaborada al gusto renacentista, aunque las argumentaciones de carácter filosófico

1. Pseudo-Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas*. Prólogo de José A. García-Diego, Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Col. Ciencias, Humanidades e Ingeniería), Ediciones Turner, 3.ª ed., 1984 (1.ª ed. de 1983, ambas agotadas). Hay otra edición autorizada por el Colegio, con prefacio en inglés: *The Twentyone Books of Devices and of Machines*, Madrid, 1984 (con el libro se suministra una separata del prólogo en castellano).

o pseudo-filosófico demuestran el empleo de una metodología todavía medieval.

Sin entrar en la problemática de la autoría, tan difícil de solucionar cuando faltan los eslabones que permitan llegar al cierre de la cadena (es decir, los borradores o el prototipo autógrafo del autor), nos encontramos ante una obra puesta en limpio por calígrafos profesionales y buenos dibujantes, seguramente con la intención de ofrecerla o dedicarla a algún mecenas poderoso, como solía ser habitual en la época.

Cabe preguntarse si el conjunto es fruto de una mente única, de un talento privilegiado como el de los grandes sabios renacentistas, o si se trata de una recopilación de distintos tratados conocidos en un círculo restringido de maquinistas, arquitectos e ingenieros al servicio de las grandes potencias europeas, entre las que España ocupaba un lugar preferencial.

Me inclino a considerar esta segunda posibilidad, pues los distintos tratados que se ocupan del agua y sus aprovechamientos no tienen el mismo estilo de redacción. Sin considerarme experta en estilística literaria, es evidente que el «Tratado de hidráulica» (libros 1, 2, 3, 4, 6, 7, 7, 8, 9, 10) es más elaborado y más pensado en sus justificaciones, mientras que el «Tratado sobre molinos» (libros 11, 12, 13), el «Tratado sobre puentes» (libros 14, 15, 16, 17 y 18) y el «Tratado sobre puertos» (libros 19, 20 y 21) son más técnicos y prescinden de argumentaciones filosóficas.

El «Tratado de hidráulica» comienza con una justificación que parte de la teoría presocrática sobre la Naturaleza y los cuatro elementos que la componen (tierra, aire, fuego y agua), explicando la necesidad de un compendio sobre el agua, que es considerada como materia prima e indispensable para la vida, engendrada por la Naturaleza en las entrañas de la tierra.

En los primeros capítulos de este tratado cabe resaltar la relación existente con el *Trattato delle virtù et proprietá delle acque, del trovarle, e leggerle, livellarle e condurle, et di alcuni altre sue circostanze* de Giovanni Francesco Sisoni en versión elaborada en Milán en 1599. El original y su traducción castellana se han publicado en el libro *Giovanni Francesco Sisoni, ingeniero renacentista al servicio de la Corona de España*, precedido por dos preciosas monografías de J. A. García-Diego y A. Keller. La primera permite seguir su trabajo al

servicio de Felipe II en España y en el Milanesado. La segunda analiza el códice².

Es difícil determinar si la obra de Sitoni, cuya estancia en España está documentada en 1566 y 1569-1578, influyó en la versión aragonesa del «Tratado de hidráulica», o si ambos a su vez tuvieron un modelo previo. Los puntos en común entre ambos tratados son evidentes, aunque la exposición de Sitoni es más concisa, ordenada y racionalista, mientras que la redacción aragonesa es más farragosa, reiterativa, y se pierde en digresiones filosóficas y en citas de los clásicos (autores y lugares de la antigüedad greco-romana) realizadas sin comprobación de los fenómenos citados.

Como muestra de esta semejanza, véanse los siguientes fragmentos:

Cap. 1 Sitoni	Lib. 1 de <i>Los veintiún libros</i>
<p>p. 161 edic. <i>Il Sommo Dio, artefice generale che tutto conosce e sa, pose in molte e quasi in tutte le cose alcune differente e particolare virtù. Face anchora que niuna diesse resta di tenerla se noi lo conoscessimo; ma nell' acqua... oltre que pose una virtù generale, come in uno dei quatri elementi che concorrono nella generatione delle cose create, pose anchora molte altre virtù particolari.</i></p> <p>p. 163 edic. <i>Alcuni vogliono che l'acqua sia principio di tutte le cose. Altri la terra e molti altri l'aere. Come vogli che sia, l'acque é un elemento necessarissimo così per la vita come per la generatione humana.</i></p>	<p>p. 56 PJT Aviendo determinado de investigar las cosas de la naturaleza las quales ay dentro de la tierra y el modo como se engendraron, conviniente cosa sera considerar primero su nascimiento y causas, porque las cosas que naturaleza engendra dentro de la tierra... o en sus concavidades o cavernas... se nos manifiestan de si mesmas y hazen den arriba encima de la tierra como es el humor. La exhalación, el ayre y el fuego y parte destas cosas se cavan con industria y fuerza de braços de dentro de la tierra... Convenida que para esto tratemos primero de la generación y causas de la primera materia...</p>

2. José A. García-Diego y Alexander G. Keller, *Giovanni Francesco Sitoni, ingeniero renacentista al servicio de la Corona de España*, Madrid, Fundación «Juanelo Turriano», Editorial Castalia, 1990. Existe una monografía previa: José A. García-Diego, «Giovanni Francesco Sitoni, an Hydraulic Engineer of the Renaissance», *History of Technology*, Ninth Annual Volume, Londres, 1984, pp. 103-125.

- p. 162 edic. *Molti altri... dicono que l'acque che delle fonti e dai pozzi nasce é di due sorti, cioè: una che vi se genera dentro e l'altra che la terra tira dalla pioggia e poi si manda per altra via fuori, la qual acqua come quelle che viene giú dall'aria, communmente si chiama acqua celeste.*
- p. 61 PJT Hay dos maneras de aguas que de las fuentes e de los pozos manan: que la una agua se engendra dentro de la tierra, y que la otra manera de agua es aquella que la tierra se atrahe del agua que llueve y de nuevo se vuelve a salir de la tierra por la otra manera, la acostumbramos a llamar agua del cielo, y es por razon que deziende del ayre a la tierra abajo.
- p. 162 edic. *Si se dimandasse la causa per ché le acque dei fiumi sono dolci... si potrebbe rispondere che per l'aere che si converte in acqua nella concavità e vene di essi fonti, e per il movimento col quale l'acqua corre e passa da poi per i suoi fiumi, ella si sparge e diventa sottile... e per consequente torna dulce.*
- p. 60 PJT Toda agua viene de la mar... que entra muy escondidamente por las concavidades y cavernas... dentro de la tierra se va colando y pierde lo amargo y salado y toma un buen sabor... y van a hazer muchas fuentes... las quales aguas se van a allegar o juntar en hazer rios y de dulces y buenas se vuelven a la misma mar.
- p. 162 edic. *Non può il mare traporsi et spargersi nei monti che sono piu alti di lui... e questo perché naturalmente l'acqua non va mai in sú, ma per la lui gravezza scorre in giú... altri hanno altra opinione e dicono che questo tal acque nasce dai laghi sotterranei.*
- p. 61 PJT Mas no puede el mar entrar o esparzirse dentro de los montes que son mas altos que la mar, porque es cosa ordinaria que jamas la vemos yr de suyo para arriba; antes bien vemos que por ser pesada camina y corre para abajo... otra opinion quiere que esta agua mane de los lagos subterraneos.
- p. 162 edic. *Altri dicono que le acque vengono da questi laghi interiori... da dove segue che di ordinario le fonti copiose scaturiscono nelle radice dei monti.*
- p. 61 PJT Si el agua nos mana de estos lagos que son interiormente dentro de la tierra... vierte e sale por donde ordinariamente se ve que al pie de los montes manan fuentes.

- 163 edic. *Altri dicono che ogni acque che non sia causate delle pioggie e che se non genera sottoterra, si genera dall'aere che la essala cosi presto come il freddo caccia il caldo que é dentro.*
- Cap. 4: Indicios para encontrar agua
- p. 166 edic. *Gli indicii et segni per trovarle sono diversi, pero il piu certo e quello dei vapori che in tempo sereno eshalano dalla terra nel far dall'aurora d'ogni giorno del mese di Agosto et di Settembre... Questi si vegono stendendosi l'huomo nel piano dell'orizzonte e col mento in terra...*
- p. 166 edic. *E indicio medesimamente mettendoci un poco di lana succida e seca et che al tempo che si cava et sprema si trova con acqua. La superficie dalle terre et la stesse terre ove si cercano la acque danno indicio molte volte... la terra sottile e colorita... la altre terre forti e ben servata... nella ghiara... nella creta... nei sassi rossi...*
- p. 61 PJT La otra opinion es de aquellos que dizen que no toda la agua es de las lluvias causada y que no se engendra de la tierra sino del ayre y de las exhalaciones, luego que el frio va hechando la calor que avia.
- Libro 2: Indicios para...
- pp. 82-83 PJT Cuando queremos yr investigando para aver de hallar agua conviene se levante muy de mañana antes quel sol sea salido... en el principio de primavera o otoño porque son templados estos dos tiempos. Despues que estuviere en el campo conviene se ponga en el suelo tendido boca abajo...
- p. 83 PJT Ay otra experiencia... tomar se a un vellon de lana o una piel de carnero o de cordero o de cualquier otro animal que tenga pelo... y ponerlo dentro del hoyo y despues sacarlo y ver quanto ha augmentado de peso...
- p. 80 (Lib. 1) En estos tales lugares hay diversas calidades de tierra por donde se van embebiendo las aguas de las lluvias y esto es señal evidentissima para hallar agua: tierras rollizas las quales tienen color de carne... tierra subtil o muy delgada arcilla... tierra negra... cascajo o cospillo.

Cap. 3: Aguas medicinales	Libro 3: Como podremos conocer la agua ser buena o no
pp. 164-165 <i>Le acque medicinali sono le salate, le nitrose, le sulfuree, le alluminose, le bituminose et moltre che sono de varie e diversi specie, le quali pigliano il sapore et la forza dalle vene per dove corrono, o vero dal principio dove nascono... e sono del medesimo giuovamento che sarebbono i minerali dai quali pigliarono il soprano.</i>	p. 87 PJT Conviene que hagamos un nuevo discurso acerca de lo que se a tractado de las aguas, ansi del agua simple como del agua mista o que tiene mezclas consigo, y de los colores y del sabor y del olor y de las otras infinitas calidades y particularidades que tienen consigo y también los jugos que tienen mezclados en si mesmos.
	p. 89 PJT Aguas salitrosas.
	p. 90 PJT Aguas que participan de alumbre.
	p. 90 PJT Aguas que participan de materia de betun.
	p. 92 PJT Aguas que caminan por encima de venas de hierro.

A la vista de estos ejemplos, cabe la posibilidad de que la obra de Sitoni sirviera de modelo al redactor de *Los veintiún libros*, aunque el texto aragonés es más ambicioso y no se detiene en las cuestiones de captación, conducción y derivación del agua, sino que se ocupa de las obras públicas relacionadas con ella y con los aprovechamientos de energía hidráulica.

2. RECONSTRUCCIÓN ARQUEOLÓGICA DE LOS MANUSCRITOS

Los cuadernillos se han elaborado con piezas de papel con un único pliegue central paralelo a la dirección más corta del papel. El formato es por tanto *in-folio*, con una dimensión aproximada de 21 por 30 cm por folio.

La mayor parte de la obra utiliza papel con filigrana en forma de cruz griega dentro de un círculo o una figura acorazonada (*vid.* imagen D, p. 21 de PJT). El ms. 3375, a partir del fol. 228, alterna esta filigrana con la conocida como del peregrino (imagen E de la misma edición).

Según Briquet, ambas filigranas corresponden a la segunda mitad del siglo XVI.

Al incorporarse las portadillas del siglo XVII que atribuyen el texto a Juanelo Turriano, se ha recortado el primer cuadernillo de cada manuscrito. Sólo una de estas portadillas (ms. 3374) lleva filigrana (*vid.* imagen B, p. 20 de PJT), datada por Briquet en el siglo XVI.

La encuadernación en piel clara con fileteado dorado fue realizada por Menard en el siglo XIX, incluyendo las hojas de guarda que, en número de tres con filigrana en forma de castillo con triple cinturón de almenas, protegen el comienzo y final de cada manuscrito.

Cuadernillos y filigrana

Ms. 3372

	Fol. 1		Signatura
Quinternio incompleto (fols. 2-9)	Fols. 2 y 3 sueltos		
	Fol. 4/afronta al 5	filigrana D ↓	
	Fol. 6	filigrana D ↑	
	Fol. 7	filigrana D ↑	
	Fol. 8	filigrana D ↑	
	Fol. 9	filigrana D ↓	
Ternio (fols. 10-15)	Fol. 10/afronta al 15	filigrana D ↓	
	Fol. 11/afronta al 14	filigrana D ↓	
	Fol. 12/afronta al 13	filigrana D ↓	
Fols. 16-17 sueltos			Fol. 17 Signatura
Ternio (fols. 18-23)	Fol. 19/afronta al 22	filigrana D ↑	
	Fol. 21/afronta al 20	filigrana D ↓	
	Fol. 23/afronta al 18	filigrana D ↑	
Fols. 24-25 pegados		filigrana D ↑ filigrana D ↓	Fol. 25 Signatura
Ternio (fols. 26-31)	Fol. 26/afronta al 33	filigrana D ↓	
	Fol. 27/afronta al 32	filigrana D ↓	
	Fol. 28/afronta al 31	filigrana D ↑	
Fols. 32 y 33 pegados	Fol. 33	filigrana D ↓	y Signatura

Ternio
(fols. 34-39)

Fol. 37/afrenta al 36	filigrana D ↑
Fol. 38/afrenta al 35	filigrana D ↑
Fol. 39/afrenta al 34	filigrana D ↑

Fols. 40-41 pegados

Fol. 41 Signatura

Ternio
(fols. 42-47)

Fol. 42/afrenta al 47	filigrana D ↓
Fol. 43/afrenta al 46	filigrana D ↓
Fol. 45/afrenta al 44	filigrana D ↑

Fol. 48 pegado al

filigrana D ↑

Fol. 49

Fol. 49 Signatura

Ternio
(fols. 50-55)
fols. 53 y 55
pegados

Fol. 50	filigrana D ↓
Fol. 51	filigrana D ↓
Fol. 52	filigrana D ↑
Fol. 55	filigrana D ↑

Fol. 56 pegado

filigrana D ↓

Signatura

Ternio
(fols. 57-62)

Fol. 57/afrenta al 62	filigrana D ↓
Fol. 58/afrenta al 61	filigrana D ↓
Fol. 59 en blanco pegado al 60, sin filigrana	
Fols. 61 y 62 con huecos en blanco, sin filigrana	

Fols. 63 y 64 pegados

Fol. 64 Signatura

Ternio
(fols. 65-70)

Fol. 65/afrenta al 70	filigrana D ↓
Fol. 66/afrenta al 69	filigrana D ↓
Fol. 68/afrenta al 67	filigrana D ↑
Fols. 69 y 70 en blanco y fragmentados	

Intercalación del libro 5: De betunes y caños

Fol. 274

filigrana D ↓ Fol. 274 Signatura

Ternio
(fols. 275-280)

Fol. 275/afrenta al 280	filigrana D ↓
Fol. 276/afrenta al 279	filigrana D ↑
Fol. 278/afrenta al 277	filigrana D ↓
Fol. 280 en blanco	

Fol. 281 pegado al 282 en blanco

Fol. 281 Signatura

Ternio
(fols. 283-287)

Fol. 283	filigrana D ↑
Fol. 284	filigrana D ↑
Fol. 287	filigrana D ↓

LOS VEINTIÚN LIBROS DE LOS INGENIOS Y DE LAS MÁQUINAS

Ms. 3373

Fol. 71 filigrana C ↓

Sigue portadilla s. XVII

Fols. 72 y 73 pegados con talones a los

Fol. 72 Signatura

Fols. 78 y 79

Binión
(fols. 74-77)

Fol. 76	filigrana D ↑
Fol. 77	filigrana D ↓

Fol. 78

filigrana D ↓

Fol. 79

filigrana D ↓

Fol. 79 Signatura

Ternio
(fols. 80-85)

Fol. 83/afrenta al 82	filigrana D ↑
Fol. 84/afrenta al 81	filigrana D ↑
Fol. 85/afrenta al 80	filigrana D ↑

Fol. 86 en blanco, pegado a

filigrana D

Fol. 87

Fol. 87 Signatura

Ternio
(fols. 88-93)

Fol. 88/afrenta al 93	filigrana D ↓
Fol. 99/afrenta al 92	filigrana D ↑
Fol. 92/afrenta al 91	filigrana D ↑

Fol. 94

filigrana D ↑

Fol. 95 pegado al fol. 102

Fol. 95 Signatura

Ternio
(fols. 96-101)

Fol. 96/afrenta al 101	filigrana D ↑
Fol. 99/afrenta al 98	filigrana D ↓
Fol. 100/afrenta al 97	filigrana D ↓

Fol. 102 pegado al 95

filigrana D ↓

Fol. 103

filigrana D ↓

Fol. 103 Signatura

Ternio
(fols. 104-109)
con fol. 108
intercalado

Fol. 105	filigrana D ↑
Fol. 107/afrenta al 106	filigrana D ↓
Fol. 108 pegado con talón al 107	filigrana D ↓

Fol. 110 pegado

filigrana D ↑

Fol. 110 Signatura

Cuaternio
(fols. 111-118)

Fol. 112/afrenta al 117	filigrana D ↑
Fol. 113/afrenta al 116	filigrana D ↑
Fol. 115/afrenta al 114	filigrana D ↓
Fol. 118/afrenta al 111	filigrana D ↓

Fol. 119 pegado con talón al

Fol. 120

filigrana D ↑

Fol. 120 Signatura

MARÍA ISABEL OSTOLAZA ELIZONDO

Ternio (fols. 121-126)	Fol. 123 pegado	filigrana D ↓
	Fol. 124 pegado	filigrana D ↑
	Fol. 126/afrenta al 121	filigrana D ↓
Fol. 128 pegado al Fol. 129		filigrana D ↓ Fol. 128 Signatura
Ternio (fols. 129-134)	Fol. 131/afrenta al 132	filigrana D ↑
	Fol. 133/afrenta al 130	filigrana D ↓
	Fol. 134/afrenta al 129	filigrana D ↑
Fol. 135 pegado a Fol. 136		filigrana D ↑ Fol. 136 Signatura
Ternio (fols. 137-142)	Fol. 139	filigrana D ↓
	Fol. 141	filigrana D ↑
	Fol. 142	filigrana D ↑
	Hojas 137, 138 sin filigrana (o no se aprecia). Papel algo más tosco	
Fols. 143-144 sin filigrana		Fol. 144 Signatura
Ternio (fols. 145-150)	Fol. 146	filigrana D ↓
	Los folios siguientes sin filigrana	
Fol. 151		Fol. 151 Signatura
Ternio (fols. 152-157)	Fol. 153/afrenta al 156	filigrana D ↑
	Fol. 155/afrenta al 154	filigrana D ↓
	Fol. 157/afrenta al 152	filigrana D ↓
Fols. 158 y 159 pegados Folio 159 pegado al 166		Fol. 159 Signatura
Ternio (fols. 160-165)	Fol. 162/afrenta al 163	filigrana D ↓
	Fol. 164/afrenta al 161	filigrana D ↑
	Fol. 165/afrenta al 160	filigrana D ↑
Fol. 166 pegado al 159 Fol. 167 pegado al 168 Fol. 168		filigrana D ↑ Fol. 167 Signatura filigrana D ↑
Fol. 169 pegado Fol. 170 pegado		filigrana D ↑
Ternio (fols. 171-176)	Fol. 171/afrenta al 176	filigrana D ↑
	Fol. 173/afrenta al 174	filigrana D ↓
	Fol. 175/afrenta al 172	filigrana D ↓

LOS VEINTIÚN LIBROS DE LOS INGENIOS Y DE LAS MÁQUINAS

Fol. 177 pegado al 186 filigrana D ↓
Fol. 178 pegado al 185 filigrana D ↑ Fol. 178 Signatura

Ternio (fols. 179-184)	Fol. 180/afronta al 183	filigrana D ↑
	Fol. 182/afronta al 181	filigrana D ↓
	Fol. 184/afronta al 179	filigrana D ↓

Fols. 185 y 186 pegados Fol. 186 Signatura

Binión (fols. 187-190)	Fol. 187/afronta al 190	filigrana D ↑
	Fol. 188/afronta al 189	filigrana D ↑

Fol. 191 pegado a filigrana D ↑
Fol. 192 Fol. 192 Signatura

Ternio (fols. 193-198)	Fol. 196/afronta al 195	filigrana D ↑
	Fol. 197/afronta al 194	filigrana D ↑
	Fol. 198/afronta al 193	filigrana D ↑

Fol. 199 pegado a filigrana D ↑
Fol. 200 Fol. 200 Signatura

Ternio incompleto (fols. 201-203)	Fol. 201	filigrana D ↓
	Fol. 202	filigrana D ↓
	Fols. 201 y 203 pegados	

Ms. 3374

Portadilla pegada filigrana D ↑

Fol. 288 pegado filigrana D ↑ Fol. 288 Signatura

Ternio (fols. 289-294)	Fol. 291/afronta al 292	filigrana D ↑
	Fol. 293/afronta al 290	filigrana D ↓
	Fol. 294/afronta al 289	filigrana D ↓

Fols. 295 y 296 pegados Fol. 296 Signatura

Ternio (fols. 297-302)	Fol. 297/afronta al 302	filigrana D ↑
	Fol. 298/afronta al 301	filigrana D ↓
	Fol. 299/afronta al 300	filigrana D ↑

Fol. 303 pegado al filigrana D ↓
Fol. 304 Fol. 304 Signatura

Ternio (fols. 305-310)	Fol. 307/afronta al 310	filigrana D ↑
	Fol. 309/afronta al 308	filigrana D ↓
	Fol. 311/afronta al 306	filigrana D ↓

Fol. 311 pegado al
Fol. 312

Fol. 312 Signatura

Ternio
(fols. 313-318)

Fol. 313/afronta al 318	filigrana D ↑
Fol. 316/afronta al 319	filigrana D ↓
Fol. 317/afronta al 314	filigrana D ↓

Fol. 319 pegado a
Fol. 320

D ↓ Fol. 320 Signatura

Ternio
(fols. 321-326)

Fol. 321, 326, 327 pegados. Los demás sueltos y mal sujetos por el cosido en la parte superior	
Fol. 323	filigrana D ↓
Fol. 326	filigrana D ↑

Fol. 327 en blanco pegado a
Fol. 328

Fol. 328 Signatura

Ternio
(fols. 329-334)

Fol. 330/afronta al 333	filigrana D ↑
Fol. 332/afronta al 331	filigrana D ↑
Fol. 334/afronta al 329	filigrana D ↓

Fol. 335 pegado a
Fol. 336

filigrana D ↓
filigrana D ↑ Fol. 336 Signatura

Ternio
(fols. 337-342)

Fol. 338/afronta al 341	filigrana D ↑
Fol. 340/afronta al 339	filigrana D ↓
Fol. 342/afronta al 337	filigrana D ↓

Fol. 343 pegado a
Fol. 344

Fol. 344 Signatura

Ternio
(fols. 345-350)

Fol. 345/afronta al 350	filigrana D ↓
Fol. 347/afronta al 348	filigrana D ↓
Fol. 349/afronta al 346	filigrana D ↑

Fol. 351 pegado a
Fol. 352

filigrana D ↓
Fol. 352 Signatura

Ternio
(fols. 353-358)

Fol. 353	filigrana D ↓
Fol. 354	filigrana D ↓
Fol. 357 en blanco el r y con bocetos a lápiz el v	

Fol. 358 pegado a
Fol. 359

filigrana C ↓

LOS VEINTIÚN LIBROS DE LOS INGENIOS Y DE LAS MÁQUINAS

Ms. 3375

Fols. 204 y 205 pegados
Unión fols. 206-207, y éste filigrana D ↑

Fol. 208 pegado al 217 filigrana D ↓ Fol. 208 Signatura

Cuaternio (fols. 209-216)	Fol. 210/afrenta al 215	filigrana D ↓
	Fol. 212/afrenta al 213	filigrana D ↓
	Fol. 214/afrenta al 211	filigrana D ↑
	Fol. 216/afrenta al 209	filigrana D ↑

Fol. 217 pegado a
Fol. 218 filigrana D ↑ Fol. 218 Signatura

Ternio (fols. 219-224)	Fol. 219/afrenta al 224	filigrana D ↓
	Fol. 220/afrenta al 223	filigrana D ↓
	Fol. 221/afrenta al 222	filigrana D ↓

Fol. 225 pegado a
Fol. 226 Filigrana D ↓ Fol. 226 Signatura

Ternio (fols. 227-232)	Fol. 228/afrenta al 231	filigrana E ↓
	Fol. 229/afrenta al 230	filigrana E ↓
	Fol. 232/afrenta al 227	filigrana E ↑

Unión fols. 233-234
Fol. 233 unido a filigrana D ↑
Fol. 234 Fol. 234 Signatura

Ternio (fols. 235-240)	Fol. 235/afrenta al 240	filigrana E ↓
	Fol. 236/afrenta al 239	filigrana E ↑
	Fol. 237/afrenta al 238	filigrana D ↓

Fol. 241 pegado a filigrana E ↑
Fol. 242 Fol. 242 Signatura

Ternio (fols. 243-248)	Fol. 244/afrenta al 247	filigrana E ↓
	Fol. 246/afrenta al 245	filigrana D ↑
	Fol. 248/afrenta al 243	filigrana E ↑

Fol. 249 pegado a
Fol. 250 Filigrana D ↓ Fol. 250 Signatura

Ternio (fols. 251-256)	Fol. 251/afrenta al 256	filigrana E ↓
	Fol. 252/afrenta al 255	filigrana E ↑
	Fol. 253/afrenta al 254	filigrana D ↓

Fol. 257 pegado a filigrana D ↑
Fol. 258 Fol. 258 Signatura

MARÍA ISABEL OSTOLAZA ELIZONDO

Ternio (fols. 259-264)	Fol. 260/afrenta al 263 filigrana D ↓	
	Fol. 261/afrenta al 262 filigrana D ↓	
	Fol. 264/afrenta al 259 filigrana D ↑	
Fol. 265	pegado a	filigrana D ↑
Fol. 266		Fol. 266 Signatura
Ternio (fols. 267-272)	Fol. 270/afrenta al 269 filigrana D ↓	
	Fol. 271/afrenta al 268 filigrana D ↓	
	Fol. 272/afrenta al 267 filigrana D ↑	
Fol. 273	pegado a	filigrana D ↓
Fol. 274.	Según paginación y signatura, Fol. 274 Signatura	
	aquí debiera continuar el libro 5 de betunes.	
Fol. 360	pegado	Fol. 360 Signatura
Ternio (fols. 361-366)	Fol. 364/afrenta al 363 filigrana D ↓	
	Fol. 365/afrenta al 362 filigrana D ↓	
	Fol. 366/afrenta al 361 filigrana D ↓	
Fol. 367	pegado a	filigrana D ↓
Fol. 368		Fol. 368 Signatura
Ternio (fols. 369-374)	Fol. 372/afrenta al 371 filigrana D ↓	
	Fol. 373/afrenta al 370 filigrana D ↓	
	Fol. 374/afrenta al 369 filigrana D ↓	
Fol. 375	pegado a	filigrana D ↓
Fol. 376		filigrana D ↓ Fol. 376 Signatura
Ternio (fols. 377-382)	Fol. 377/afrenta al 382 filigrana D ↑	
	Fol. 378/afrenta al 381 filigrana D ↑	
	Fol. 379/afrenta al 380 filigrana D ↑	
Fol. 383	pegado a	filigrana D ↑
Fol. 384		Fol. 384 Signatura
Ternio (fols. 385-390)	Fol. 386/afrenta al 389 filigrana D ↑	
	Fol. 387/afrenta al 388 filigrana D ↑	
	Fol. 390/afrenta al 385 filigrana D ↓	
Fol. 391	pegado a	filigrana D ↑
Fol. 392		Fol. 392 Signatura
Fol. 393	pegado	filigrana D ↑
Ms 3376		
Fol. 394	pegado	filigrana D ↑

LOS VEINTIÚN LIBROS DE LOS INGENIOS Y DE LAS MÁQUINAS

Unión (fols. 395-396)	Fol. 395	filigrana D ↑	
	Fols. 397, 398 pegados		
	Fol. 399 pegado a		
	Fol. 400	filigrana D ↑	Fol. 400 Signatura
Ternio (fols. 401-406)	Fol. 403/afrenta al 404	filigrana D ↑	
	Fol. 405/afrenta al 402	filigrana D ↓	
	Fol. 406/afrenta al 401	filigrana D ↓	
Unión (fols. 407-408)	Fol. 408	filigrana D ↑	Fol. 408 Signatura
	Fol. 409 pegado	filigrana D ↑	
	Fol. 410 pegado y en blanco		
	Fol. 411 pegado	filigrana D ↑	
Ternio (fols. 412-417)	Fol. 412/afrenta al 417	filigrana D ↑	
	Fol. 414/afrenta al 415	filigrana D ↑	
	Fol. 416 pegado		
	Fol. 418 pegado	filigrana D ↑	Fol. 418 Signatura
Ternio (fols. 419-424)	Fol. 419/afrenta al 424	filigrana D ↑	
	Fol. 420/afrenta al 423	filigrana D ↑	
	Fol. 421/afrenta al 422	filigrana D ↑	
	Fol. 425 pegado		
	Fol. 426	filigrana D ↑	Fol. 426 Signatura
Unión (fols. 428-429)	Fol. 429	filigrana D ↑	
	Fol. 420 suelto y sujeto con costura		
Unión (fols. 431-432)	Fol. 432	filigrana D ↓	
	Fol. 433 suelto y sujeto con costura		
	Fol. 434 pegado		Fol. 434 Signatura
Ternio (fols. 435-440)	Fol. 435/afrenta al 440	filigrana D ↑	
	Fol. 438/afrenta al 437	filigrana D ↓	
	Fol. 439/afrenta al 436	filigrana D ↓	
	Fol. 441 pegado a	filigrana D ↓	
	Fol. 442	filigrana D ↑	Fol. 442 Signatura
Ternio (fols. 443-446)	Fol. 445/afrenta al 446	filigrana D ↑	
	Fol. 447/afrenta al 444	filigrana D ↓	
	Fol. 448/afrenta al 443	filigrana D ↓	
	Fol. 449 pegado a		
	Fol. 450	filigrana D ↑	Fol. 450 Signatura

Ternio
(fols. 451-456)

Fol. 452/afrenta al 455	filigrana D ↑
Fol. 454/afrenta al 453	filigrana D ↓
Fol. 456/afrenta al 451	filigrana D ↓

Fol. 457 pegado a

Fol. 458

Fol. 458 Signatura

Ternio
(fols. 459-464)

Fol. 460/afrenta al 463	filigrana D ↑
Fol. 461/afrenta al 462	filigrana D ↑
Fol. 464/afrenta al 459	filigrana D ↓

Fol. 465 pegado a

Fol. 456

filigrana D ↓

filigrana D ↑

Fol. 456 Signatura

Ternio
(fols. 457-462)

Fol. 460/afrenta al 459	filigrana D ↑
Fol. 461/afrenta al 458	filigrana D ↑
Fol. 462/afrenta al 457	filigrana D ↑

Fol. 463 pegado a

Fol. 464

Fol. 464 Signatura

Ternio
(fols. 465-470)

Fol. 467/afrenta al 468	filigrana D ↑
Fol. 469/afrenta al 466	filigrana D ↓
Fols. 465 y 470 sueltos	

Fol. 471 suelto

Fol. 472 suelto

Fol. 473 suelto

filigrana D ↓

filigrana D ↓

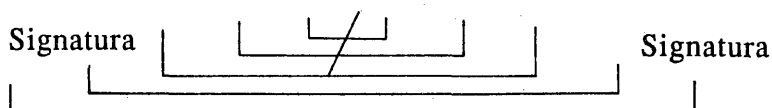
filigrana D ↓

El análisis arqueológico de los cuadernillos que conforman los 5 mss. de *Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas* viene a demostrar que la paginación y el sistema de signaturas colocados en la primera ordenación de la obra lo fueron de manera artificiosa, tratando de organizarse por el sistema cuaternión, completamente anacrónico en el s. XVI.

En efecto los cuaterniones son característicos del ms. en pergamino del período medieval. Al difundirse el papel como materia escritoria, la composición de los cuadernillos se modifica predominando los seniones (es decir cuadernillos de 12 folios) por lo menos en el s. XV. Los estudios realizados por especialistas del libro manuscrito e impreso francés del s. XV (*vid.* C. Bozzolo-E. Ornato, *Pour une histoire du livre ms. au Moyen Âge*, París, 1980) y español (*vid.* M. Sánchez

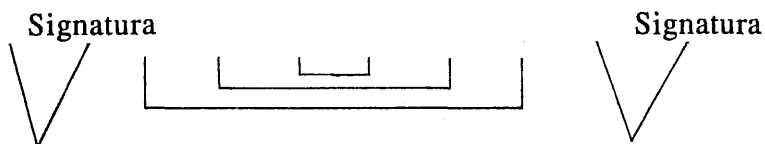
Mariana, «La ejecución de los códices en Castilla en la segunda mitad del s. XV», *Actas del I Coloquio Internacional sobre el libro antiguo español* (Madrid, 1986), Salamanca, 1988) lo confirman.

Sin embargo, la composición efectiva de los cuadernillos de la obra de los ingenios y las máquinas es de terniones rodeados de biniones a los que en el segundo y cuarto folio se ha colocado *a posteriori* la signatura.



Las hojas de estos biniones aparecen en la actualidad cortadas y pegadas por una cola densa y claramente visible, como si se hubieran reaprovechado en la primera ordenación de la obra, cuando se colocó la foliación y la signatura. Por estar la encuadernación de Menard en bastante buen estado, es difícil comprobar qué hojas se pegan entre sí, salvo en los mss. 3373 y 3374, que tienen el cosido del lomo más suelto y confirman el esquema anterior.

En otros mss. como los 3375 y 3376 se pueden encontrar uniones que preceden y siguen al ternio central, según el esquema



Por tanto la organización de los cuadernillos de esta obra no tiene nada que ver con la de los manuscritos medievales en pergamino ni en papel.

Buscando puntos de referencia en los libros impresos del s. XVI, encontramos que la organización de los cuadernillos en ternios no resulta extraña a los impresores renacentistas. Como ejemplo, véase la obra de A. Vesalio *De humani corporis fabricae libri septem*, impresa por Francisco Senense y Juan Criegher en Venecia, 1568, que sigue esta disposición.

Por tanto, los manuscritos objeto de este estudio siguen el plan de composición habitual en el período renacentista, aunque el sistema de signaturas, que en los libros impresos se coloca en cada folio de la primera mitad del cuadernillo, se ve aquí alterado artificialmente como se comprobará a continuación.

3. EL PROCESO DE COPIA Y PRIMERA ORDENACIÓN DE LA OBRA

la versión de *Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas* se debe a amanuenses profesionales que realizaron su tarea copiando un modelo y no al dictado. El proceso de copia está claro al observar el plan de distribución del trabajo, la sucesión de la labor de los distintos copistas y la actividad de un organizador-corrector que tachaba o enmendaba las incorrecciones cometidas y dejaba su huella en las notas aclaratorias de los dibujos.

Es evidente que existió un prototipo de los cuatro tratados sobre el agua y las obras relacionadas con este agente de la naturaleza, y que la copia se realizó siguiendo la planificación del modelo, por lo que hay ocasiones en que queda alguna página en blanco, o se estira la letra para ocupar un folio entero y, de esta manera, evitar los huecos que rompen la estética de la obra.

Algún problema debió presentarse en el ms. 3372 a la altura del fol. 59, que queda en blanco, mientras que el 61r estira y agranda la escritura para ocupar toda la hoja, y el 61v y 62 tienen huecos en blanco. Las anomalías vuelven a presentarse en los fols. 69 y 70, que de nuevo quedan en blanco, pues finalizado el cuarto libro se duda sobre el comienzo del quinto, que se introduce de manera forzada en versión realizada por otro copista diferente del de los libros precedentes y siguientes del «Tratado sobre hidráulica», dejando en blanco los fols. 280 y 282.

La inserción de este quinto libro altera la ordenación de los siguientes en el ms. 3373 con los fols. 85 y 86 en blanco, un espaciamiento en el 91v y la introducción en el 92v de un epígrafe muy compacto sobre el libro séptimo (conducciones subterráneas y minas), como si se tratara de remediar un olvido, o se pensara en la conveniencia de distinguir las conducciones subterráneas de las aéreas. Este ms. 3373 cambia el plan de presentación de los dibujos que, en algunos

casos, se realizan al comienzo de página con un reclamo indicativo para que el dibujante sepa qué dibujo debe realizar en el espacio destinado a ello (*vid.* fols. 100v-101, 147v-148, 166v-167, 170v-171, 182v-183).

El ms. 3374 sólo tiene alguna hoja en blanco al final, aprovechándose para bocetos de máquinas y anotaciones sobre precios de telas que nada tienen que ver con el texto principal. Este ms. presenta una nota del s. XVII al comienzo, que dice: «Este libro esta escrito mas arreglado que los dos antecedentes, por lo que no se omitió nada y sí solo el correjirle su escrito y numeros y letras de los signos».

El ms. 3375 sufre una alteración de paginación entre el libro diecisiete (que termina en el fol. 273) y el libro dieciocho que se inicia con el folio 360).

El ms. 3376 deja el fol. 410 en blanco, cambiando de mano en el siguiente, pero cometiendo un error de copia, pues el amanuense repite el comienzo del fol. 409, de lo que se percata el revisor del trabajo, que lo enmienda con una tachadura en forma de aspa. El fol. 421 tiene la letra más espaciada, ocupando de esta manera toda la página.

La decoración sigue un plan complicado al comienzo del libro uno y del libro seis. Se trata de una orla realizada a la manera renacentista, alternando la tinta sepia con la encarnada y verde a la aguada para rellenar las figuras vegetales y *a candelieri*, que conforman los motivos decorativos. Los libros restantes juegan con distintas caligrafías, siguiendo modelos de la capital romana, o de las mayúsculas cancillerescas con rasgueos que forman filigranas geométricas o vegetales, pero sin salirse de una coloración uniforme que oscila entre el color sepia y el negro.

Los dibujos ejecutados a plumilla van situados a lo largo del texto, en el centro o final de página, aunque se dan casos, especialmente en los mss. 3373 y 3374, en que encabezan folio, por lo que al final del precedente se coloca un reclamo en forma de pequeño dibujo recordatorio del que a mayor tamaño debe realizarse en la página siguiente. Los dibujos son posteriores a la copia del texto y, en ocasiones, como en el fol. 344, se han trazado en un cuadradito de papel pegado a la

parte inferior del folio, probablemente para remediar un error sin tener que repetir toda la página.

El título de *Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas* se empleó al introducirse las portadillas del s. XVII, pues en realidad constituían tratados independientes (lo confirman los fols. 288 y 289 del «Tratado sobre molinos», en los que quedan huellas de una primitiva paginación que arranca con los fols. 1, 2, por tanto de inicio del tratado).

La primera ordenación de la obra en el momento de su paginación y colocación de reclamos fue:

Ms. 3372: libros 1, 2, 3, 4 (fols. 1-70). «Tratado de hidráulica»

Ms. 3373: libros 5 (hoy 6), 6 (hoy 7), 7, 8,
9, 10 (fols. 72-203v).

Ms. 3375: libros 11 (hoy 14), 12 (hoy 15), «Tratado de puentes»
13 (hoy 16), 14 (hoy 17) (fols. 204-
273).

Ms. 3374: libros 15 (hoy 5), 16 (hoy 11), «Tratado de molinos»
17 (hoy 12), 18 (hoy 13) (fols. 274-
359).
19 (hoy 18) (fols. 360-393) «Pilares de puentes»

Ms. 3376: libros 20 (hoy 19), 21 (hoy 20) «Tratado de puertos»
y 22 (hoy 21) (fols. 394-456).

Del de hidráulica y del de molinos queda la duda de considerarlos incompletos, pues en ningún lugar de la versión de los mss. 3373, 3373, 3374 consta la palabra *fin*. No sucede lo mismo con los tratados sobre puentes o sobre puertos, que lo expresan al final de los libros 15, 17, 19 y 20.

Esta organización se evidencia por la doble numeración que aparece en el epígrafe inicial de algunos libros, o por las correcciones realizadas en otros y que son claramente visibles en los mss. de la Biblioteca Nacional de Madrid.

Esta primera ordenación de la obra queda conformada, además, por el cotejo de las signaturas y paginación.

4. LOS COPISTAS Y LOS SUPERVISORES DE LA COPIA

La escritura de *Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas* entra en las características generales de la escritura renacentista. Esta escritura derivada de la humanística del s. XV tiende a convertirse a lo largo del XVI en una creación personal, partiendo de ciertas reglas y principios de razón que, recogiendo la herencia pitagórica, hacen depender el trazado de las letras de la arquitectura y la geometría, especialmente en el diseño de las capitales latinas de forma epigráfica.

Pero en el tercer decenio del siglo, el interés de los calígrafos y del público se orienta hacia la escritura usual, es decir, hacia la letra cancilleresca y la letra mercantil. Grandes tratadistas como Vicentino y Tagliente impulsaron entre otras la escritura cancilleresca que, al decir de este último, era «la que más agradaba a los grandes señores cuando estaba hecha con medida y con arte», por oposición a la notarial y a la mercantil utilizadas en el ambiente de notarios, mercaderes y banqueros tan alejados de los intereses culturales del mecenazgo italiano.

Las conexiones políticas y culturales de Aragón con Italia no necesitan de más comentario. No tiene nada de particular, por tanto, que la escritura itálica se difundiera en la Corona de Aragón antes que en Castilla, más apegada a sus formas tradicionales cortesanas y procesales, reñidas con cualquier criterio estético. Esto explicaría por qué la obra del primer gran calígrafo español, el vizcaíno Yciar, se publica con tanto éxito en Zaragoza y no en otra ciudad de la Corona de Castilla a la que por su nacimiento podría sentirse más vinculado.

Volviendo a la escritura de *Los veintiún libros*, diremos que está trazada por expertos calígrafos especialistas en el arte de la escritura cancilleresca y bastarda de la segunda mitad del s. XVI, que sin duda aprendieron a través de los muchos tratados destinados a enseñar la técnica de la escritura según ciertas reglas que combinan las razones geométricas con las estéticas.

La maestría de estos calígrafos deja sus mejores huellas en las letras mayúsculas, de las que se presentan algunos ejemplos en la página siguiente.

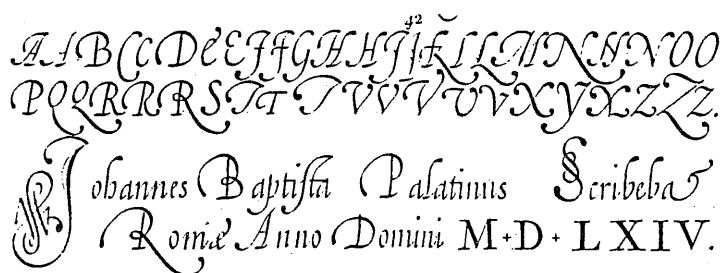
Buscando la pista de los tratadistas que sirvieron como modelo para conformar la escritura de estos copistas, vemos que las mayúsculas de las manos A, A', A" (especialmente las letras A, I, M, N)

LOS VEINTIÚN LIBROS DE LOS INGENIOS Y DE LAS MÁQUINAS

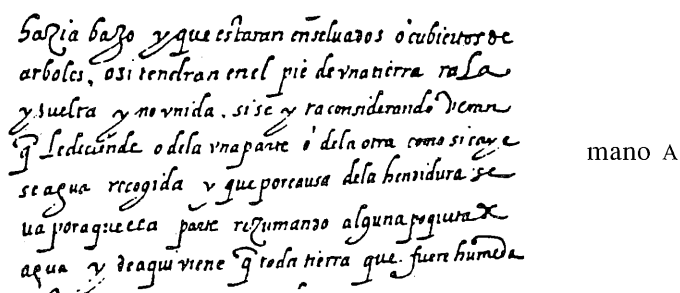
A	A'	A''	B	C
A A	A A	A	A A	A A
B B	B	B		
	C C	C	B	C
D D	D D	Q Q	D D	D
E E		E'		
H	H	H H	H C	C E
I	I			
M	M M	M	M M	M
N N			N	
P P	P P	P	P	P P
R	R	R	R	R
T T	T	T	T	

tienen un arranque curvado que termina paralelo a la caja de escritura en su parte superior, asemejándose a las elaboradas por Palatino.

Juan Bautista Palatino, considerado como uno de los mejores maestros en el arte de la escritura y como reformador de la cancilleresca que, entre otros alfabetos, enseñó en su *Libro nuovo d'imparare e scrivere tutte sorte de littere antiche e moderne di tutte nationi, con nuove regole, misura e essempli*, del que se hicieron varias ediciones desde la romana de 1540 a la veneciana de 1578, fue sin duda el inspirador de los amanuenses de los mss. 3372, 3373, 3375 en su tratamiento de las mayúsculas.

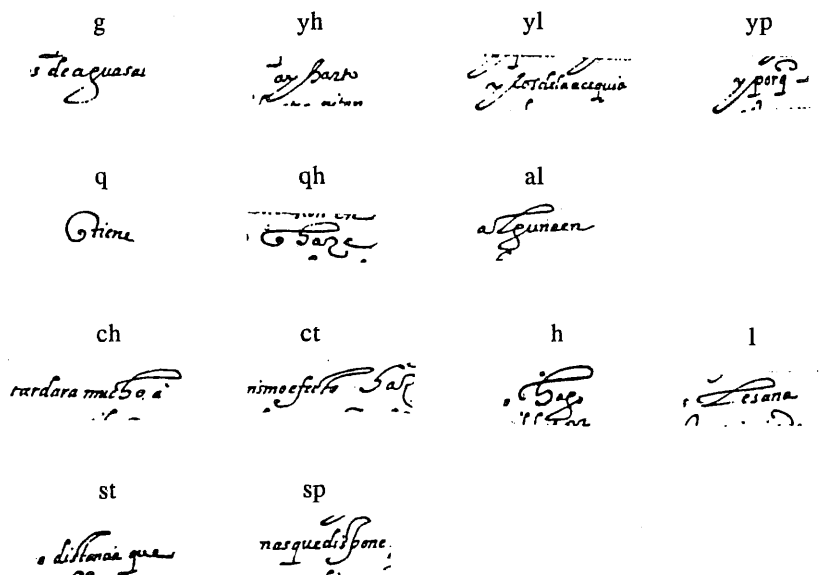



La minúscula empleada por las manos A, A', A" deriva de la humanística cursiva conocida como letra grifa o aldina, más evidente en la mano A (fols. 1 al 22, 27, 47 al 50).



La mano A', que es la predominante, tiende a las formas cancillerescas, complicando la escritura con diversos enlaces, ensanchando los bucles de la parte inferior de la caja de escritura y tendiendo a la horizontalidad en los de la parte superior.

Vid.



(Signo general de abreviación ).

La mano A" (fols. 78v, 79, 81v, 82v, 88 y 142v y sigs.), por el contrario, es una especie de amalgama de las dos anteriores, pues los enlaces de la parte superior de la caja de escritura se parecen a la mano A y los de la parte inferior a los de la mano A', aunque hay una mayor tendencia a la verticalidad.

Vid.



(Duplicación de consonantes como ff, ll, ss).

La tarea de estos copistas se hace de manera fluida, alternándose las distintas manos no sólo en el cambio de página, sino a media página. Cotejándose los mss. de la Biblioteca Nacional de Madrid se distinguen

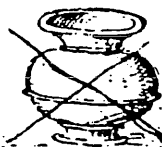
Y en aquel lugar ay agua.

27



Y sino queda agüta fecho con todas estas experiencias to-
maras un vaso de barro mudo, el qual sea seco y ponelle
dentro de aquel soyo que hiziste y ponle dentro
y cubrasle como hiziste las demas experiencias; y
antes q pongas el vaso dentro del soyo conviene
que le peses, y en la mañana quando se fueris a la
caza conviene q se vuelvas a pesar, si hallares
q ha crecido de peso entonces ten esperanza q ha
de ballar agua en aquel lugar, no importa ningun
na cosa q se ponga en qualquiera hora de un dia
mas de que este vendrá con su noche dentro del soyo

mano A



Si en este lugar o en otro qualquier donde pretendes ballar
agua. si en cima de alguna parte enciendes fuego y
despues que se arraquia el fuego vieres que sale vapor
y achacalesi enciende vapor o fumeando y no tiene fuego
encima es señal que ay mucha sumo rebaso.

mano B



estas variaciones no sólo por la propia letra, sino por el cambio de coloración de tinta, que es evidente (*vid.* fols. 27, 304-305, 335, 376, 410).

Buscando los modelos de las minúsculas de los copistas A, A', A", hay una referencia lejana al alfabeto cancilleresco de Juan de Yciar, *Arte subtilissima por la qual se enseña a escrevir perfectamente* (Zaragoza, 1550), aunque la horizontalidad de los enlaces de los astiles de la parte superior de la caja de escritura en la mano A' se asemeja más a las formas de la bastarda de Francisco Lucas en su *Arte de escrevir por reglas y con muestras*, cuya primera edición, en Madrid (1570), se vio ampliada con una segunda en 1608.

La mano B desarrollada a lo largo del ms. 3374 y el final del 3372, muestra en sus formas mayúsculas una clara derivación del alfabeto cancilleresco de Yciar, aunque reduce las terminaciones en forma de ramaje renacentista, dejándolas limitadas a un doble rasgueo de notable valor estético, pero sin tanto detalle y efecto decorativo como los de las terminaciones vegetales del maestro vizcaíno.

Las formas minúsculas siguen las características generales de la letra grifa o aldina, con una clara inclinación oblicua de los astiles, que están ejecutados con gran sencillez, huyendo de los complicados enlaces de la cancellesca.

Las únicas letras que forman ojo son la *g* y en ocasiones la *d* de astil inclinado si va unida a la letra siguiente. La *r* inicial de palabra deriva de la mayúscula, aunque abrevia el final de su trazado.

*Madrid y la
de la izquierda*

d

*viagra la agua
de la derecha*

g

*La Reina y la
de la derecha*

R

Entre los enlaces cabe destacar *st*, *ct* y el de la *p* de astil muy inclinado con rasgueo de unión con la letra siguiente.

con el astil inclinado

st

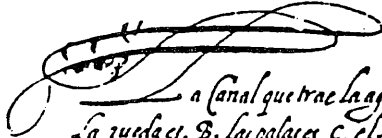
*sova congelando orgedi
de la que a continuación*

ct

p



Libro. 13.
LIBRO DE LOS MOLINOS
 Batanes, y del Azeite, y de diuersos generos de
 Artificios de la misma calidad pa
 sacar Aguas para hazer
 Alumbre y salitre, y la
 uer lana, y panes



La Canal que trae la agua a la Rueda es. A.
 La rueda es. B. Las palas es. C. el Arbol de la Rueda es. D.
 y en ella se asentada en leuadores que es. E. E. Los que
 los leuadores se uentan en Macon en la parte baxa es. F.
 F. F. en los macon de baxo de mismo macon que es del
 mango del que se a fuerca al puntar de que tienen la
 garras leuadores de baxo en ellos y conueniene tener ad
 ueritencia que no vayan al baxo de macon por lo
 de las ni al entrar ni al salir por causa que rompiera
 el panes tocando el firme conueniene que no toquen a las
 de en la boca de la pila con que es. G. H. H. H. que en
 el fierro en el panes ni vayan a baxo en la boca de la pila
 de. H. H. que es. G. la pila via es. H. y de la parte es. I. I.
 que es donde en vnan los macon de la pila es donde cae la agua
 en el panes. K. el panes es. L. los macon tienen la pila los macon
 es donde vnan: mado en aquellos macon en las pila
 donde e vnan colados los macon que es. M. N. los asi
 es un de las es. O. los macon son. P. conueniene
 que ellos sean de largos es. Q. palmas de madera de es. R. R.
 y todo lo de mas de muy buena madera

mano B

En este artificio se me acordó que se podria hazer
 un artificio para sacar volutas de escorjetas con los
 quitas los macon y volutas los se asentara en no tra
 de una y pues es raton de escorjetas y dia por la boca
 de las

Los modelos del copista B pudieron ser italianos, o bien el *Nuevo arte de escribir* de Díaz Morante, del que se hicieron cuatro ediciones en Madrid entre 1616 y 1631.

Las manos C y C' que desarrollan su trabajo en el ms. 3376 son las menos interesantes desde el punto de vista caligráfico.

Las letras mayúsculas de la mano C recuerdan de manera lejana a las mayúsculas cancillerescas de Yciar, de manera que el copista C huye de todo adorno y artificio, limitándose a desarrollar el trazado esencial de las letras ensanchando el módulo y produciendo el efecto de una mayor redondez.

Las letras minúsculas recuerdan lejanamente a la letra grifa, tendiendo el escriba a enlazar las sílabas constitutivas de las palabras provocando la apertura de los ojos de *d* y *o* a la manera cursiva. Tal vez el enlace más llamativo sea el de la *z*, que se une a la letra anterior con un levante vertical que provoca que la letra se inicie a gran altura y no descienda de la caja de escritura.

el timon que las galeras. Las naues por onde
nos mercaduria no han de ser mas largas
ni cortas de quanto es tres vezes mas la
ga dela que es vna de ancho, como va aqui
senalado; Deu a parte los castillos que van
en la proa y popa que essos van en el aire y
no estan en la agua solo se entienda de lo q
va dentro el agua de la naue. Las galeras
por ser vassellos de guerra sean mas largas
que los galiones, han de ser en largas nueve
vezes mas que su anchuria como va aqui
senalada por numero; aunque parece muy
larga, caualo esto por estar sin ningun orna
mento. La galera es. B. haue de se conte
de todas las particularidades de la galera, y na

mano C

La mano C', a partir del fol. 468, se distingue de la anterior por una mayor verticalidad del eje de la escritura con relación a la caja y por

Para saber si se edifican cosas dentro de que irán a ser
 lo se podría ir a las piedras azules, en un vaso por ser
 sin fuis. esto sea puesto a causa que mas cerca al agua
 la humedad que a ninguna otra cosa.

468

Para saber medir una figura con agua que sea de
 marmita, o de metal y qualquier otro cuerpo soli-
 do, para saberla medir por palmas cuadradas, o pi-
 es en macizo, como si dixesemos yo quiero saber mi-
 dir una figura por palmas, o pies cuadrados tiene
 esta despues de ser hecha en bulro, quanto pies de
 esta tiene esa tal figura para saber medirla, ago-
 ra sea piedra agora sea metal, comienza haber un
 vaso de madera que sea cuadrado, como un qua-
 dro prolongado y comienza que sea como si dixes-
 mos seis palmas de ancho y diez de largo y cinco
 de alto, de modo que dentro quepa la figura, o figu-
 ras y al vaso ha de estar embetunado a causa que
 no se salga la agua porque sabiendo no se podría
 haber cosa que nada valiesse; puesto que se ha van
 puesto la agua dentro del vaso comienza haver en
 cada en el un costado del vaso las palmas y medir
 palmas y minutos del mismo hasta lo mas alto y
 despues poner dentro la figura de modo que se ven-
 ra la agua que la figura ocupó a quel lugar he-
 cho esto haze de sacar la figura y de sacar la esca-
 ras encima del vaso y entonces varase lo que a-
 menguó la agua que estava en el vaso y notarse
 los palmas y minutos a hecho verter la figura de la
 agua entonces se multiplican los palmas en
 tercios; despues ver quanto minutos son en todo y
 por que quatro mil y noventa y seis minutos ha
 un palmo solido, y de aqui se haze entender que es
 diez y seis minutos en ancho, en diez y seis
 esta orden se vera quanto palmas solido tiene la
 tal figura y si se huviesse con estado que por cada
 palmo solido en quadrado se haia de dar una
 cierta cantidad no hay ningun otro modo para poder
 saber sino es con este ejercicio.

mano C'

un mayor ensanchamiento de las ligaduras (especialmente *st*), que produce la sensación de tratarse de una escritura con cierta influencia de las cursivas encadenadas características de fines del s. XVI y comienzo del XVII.

La supervisión de la obra la realizan los copistas A' y B.

El primero revisa la tarea de los mss. 3372, 3373, 3375 y 3376, especialmente en lo que se refiere a la correlación entre texto y dibujos, colocando de su puño y letra las explicaciones consiguientes, por ejemplo en los fols. 360 y sigs. y 383. En el fol. 445 se ha producido un error, trazándose el dibujo en la página anterior a la que correspondía, por lo que el corrector lo justifica con la siguiente nota aclaratoria: «De la figura precedente que tiene esta señal (+) se trata hasta donde esta la misma señal, y aviéndose de poner en este espacio se puso antes por horror, y assi se ara cuenta que esta aquí, en el discurso de la materia y sus figuras».

El revisor B traza los epígrafes de encabezamiento de los libros 19, 20 y 21, al igual que las mayúsculas que comienzan el texto de estos libros. De su puño y letra es también la palabra FINIS situada al final de los libros 15, 17, 18, 19 y 20.

De estos datos parece desprenderse que la revisión de la copia se hizo bajo una doble responsabilidad: la del copista A', que se encarga de colacionar el texto de los primeros mss. y especialmente la correcta sucesión de texto y figuras a lo largo de toda la obra, y la del copista B, que revisa el proceso de copia en los mss. finales, encabezándolos y dando el visto bueno a la finalización de la copia de los últimos libros.

En cuanto a las portadillas, corresponden a una segunda ordenación de la obra y utilizan una mezcla de capital epigráfica muy contrastada, con efectos de claroscuro muy logrados, y una humanística redonda de gran porte, que vuelve a repetirse en los epígrafes que anuncian los diversos libros según la ordenación actual. La del ms. 3372 tiene además la imagen de un escudo cuartelado con las armas de Castilla-León coronadas por la corona real. En los laterales del escudo aparecen los extremos de la cruz sanjuanista o cruz de Malta, y bajo ella la dedicatoria a D. Juan José de Austria, hijo natural de Felipe IV.

5. DATACIÓN DE LOS MANUSCRITOS

Los seis copistas que intervinieron en la redacción de *Los veintiún libros* realizaron su tarea en un período de tiempo no demasiado dilatado, que intentaré precisar a la vista de los datos que proporcionan la reconstrucción codicológica de los manuscritos y el análisis paleográfico.

Por lo que respecta a la escritura, la tipología empleada corresponde a modelos que se pusieron de moda a lo largo de la segunda mitad del s. XVI. Pero lo llamativo de la escritura de los distintos copistas, especialmente del A' y del B que son los más representativos, pues sobre ellos recae la mayor parte de la labor de copia, es el sincretismo entre distintos alfabetos, combinando formas de distintos modelos para componer las mayúsculas y minúsculas.

Mano A' Mayúsculas: modelo de la cancillerescas de Palatino.
 Minúsculas: modelo de la cancillerescas de Yciar.

Mano B: Mayúsculas: modelo de la cancillerescas de Yciar.
 Minúsculas: modelo de la grifa o aldina italiana.

En la historia de las representaciones artísticas, y la escritura no deja de ser un arte en este momento, suele pasarse de un estado de decantación que da lugar a la creación de un canon o modelo de escritura, a una fase final de mezcla y sincretismo que lleva a sus últimas consecuencias las posibilidades y aplicaciones prácticas de la escritura.

Junto a esta mezcla o combinación de distintos alfabetos, llama la atención el enlazado de letras de la mano A', especialmente el tumbamiento horizontal de los enlaces de la parte superior de la caja de escritura. Ésta es una característica que nada tiene que ver con los modelos italianos, sino con lo que era habitual en la bastarda española (mezcla a su vez de modelos procesales y modelos itálicos), cuyo mejor artífice fue el sevillano Lucas, que edita su obra a fines del s. XVI y comienzos del XVII.

Por último, la mano C' se caracteriza por un tipo de ligaduras de las letras que componen las palabras que se aleja de los modelos humanísticos y por su ensanchamiento recuerda de alguna manera a la letra encadenada que se utilizó en España a fines del s. XVI y comienzos del XVII.

Para confirmar estas apreciaciones he tratado de seguir la pista de

Vid. lám. 364/Arch. Corona de Aragón. Real Patrimonio.
Bailía General, 10 (año 1632):

penyato a m. Lau Robinat Ave
nos. per quarenta de rinch, Ave
lura tallo una per to dues de 16
princial, y deu fou de depoc
se i saluat det en la faher
dors y per to eis atj "Deu
a i distancia de Joseph m. l. a
gabacu procurador de Joan
Hercónymo. Limeris, vied
Embriant en bar.º nos salu
rador Magi

Si a los datos paleográficos se añaden los que proporciona la reconstrucción arqueológica de los manuscritos (papel, composición de los cuadernillos) no parece aventurado afirmar que la copia y primera ordenación de *Los veintitún libros de los ingenios y de las máquinas* pudo ocurrir entre el último tercio del s. XVI y primeros años del s. XVII. Mientras que la segunda ordenación de la obra se produjo en la primera mitad del s. XVII, momento en el que se introducen las portadillas que son de la misma mano que retoca la numeración de los libros, y a la que se debe la ordenación actual que rompe con la primitiva línea de elaboración y produce ese efecto de salto de manos de escritura, tan desconcertante.

Ordenación actual de los libros

Mano A «Tratado de hidráulica»: captación, conducción aérea (acueductos) o subterránea (minas), derivación (acequias, presas).

Ms. 3372 (libros 1, 2, 3, 4, fols. 1-68v).

LOS VEINTIÚN LIBROS DE LOS INGENIOS Y DE LAS MÁQUINAS

- Mano B Ms. 3372 (libros 6, 7, 7, 8, 9, 20, fols. 72-203).
Ms. 3372 (libro 5: de betunes, caños de plomo y trompas de metal).
- Mano B «Tratado sobre molinos»: harineros, batanes y de aceite.
Ms. 3374 (libros 11, 12, 13, fols. 274-359v).
- Mano A' «Tratado sobre puentes»: puentes de barcas y madera. Trabajos en madera y piedra y sus herramientas.
Ms. 3375 (libros 14, 15, 16, 17, fols. 204-264).
- Mano C «Tratado sobre puentes»: pilares de puentes de piedra.
Ms. 3376 (libro 18, fols. 360-393).
«Tratado sobre puertos»: de edificios de mar, de hacer defensas en puertos, de divisiones de agua e islas.
- Mano C' Ms. 3376 (libros 19, 20, 21, fols. 394-473)*.

* Este estudio me fue encargado por la Fundación «Juanelo Turriano», cuyo objetivo principal, aunque no único, es la historia de las técnicas y de las ciencias. Su presidente, José Antonio García-Diego, además de los estudios citados en las notas anteriores, ha publicado seis monografías, algunas de ellas en colaboración, sobre el tema.