7

El lenguaje gráfico: inflexión y pervivencias

Manuel Silva Suárez
Universidad de Zaragoza

La técnica necesita de lenguajes artificiales (verbal, gráfico y matemático) para transmitir y operar sobre realidades o concepciones. Palabras, dibujos y cálculos (técnicos y económicos) forman un todo en el proyecto. La imágenes transmiten información de una naturaleza difícil de trasladar verbalmente. Por su importancia y «universal» legibilidad, el dibujo es la *lingua franca* de ingenieros, arquitectos y cartógrafos, entre otros «oficios matemáticos». El dibujo de los técnicos se emparenta con la geometría: en el Renacimiento, euclidiana y esférica; posteriormente, con la proyectiva y la descriptiva.

Sobre la base de las técnicas de representación gráfica bajo medievales, los recursos conceptuales del dibujo sufren un notable impulso en el Renacimiento, mejorándose significativamente la capacidad de representación. Como corolario, se potencia la diferenciación entre las tareas de diseño y las propiamente constructivas, tanto en el ámbito arquitectónico como en el de ingeniería. Por otro lado, el dominio de las técnicas para trazar cartas marca una separación neta entre los cosmógrafos-cartógrafos y los pilotos, a veces denominados «rudos marineros». Valga como reflexión aplicable a la ingeniería, la arquitectura y la cartografía, que la aludida diferenciación no estuvo exenta de tensiones entre los que simplemente se empeñaban en prolongar una técnica empírica y rutinaria, y quienes la enfocaban desde unos presupuestos conceptuales más abstractos.

El objetivo básico de este capítulo es explorar la disponibilidad de técnicas para la representación gráfica de realidades tridimensionales, constatando la acumulación de recursos utilizados. No se ha considerado razonable ignorar completamente las representaciones mediante maquetas escultóricas, ya que con frecuencia el diseño de los ingenieros y arquitectos renacentistas se basaba tanto en el dibujo como en la construcción de modelos a escala. Las maquetas siempre han gozado de aprecio para transmitir ideas o situaciones a personas con menor capacidad inter-

pretativa de mapas y planos (representantes del poder político o económico), transformándose a veces en objetos simbólicos (por ejemplo, de demostración del poder «poseyendo» maquetas de ciudades) e incluso votivos (símbolo de donaciones).

La exposición se estructura según tres ejes esenciales: el dibujo cartográfico, el de las edificaciones y el de las máquinas. También se apuntarán las vistas corográficas urbanas, entendiendo que, a diferencia de los paisajes, donde predomina la creatividad del artista y el impacto estético, en las vistas es importante la «exactitud» de los representado, la ausencia de fantasías, que el dibujo sea un «retrato».

El siglo XVI marca la transición hacia una nueva cartografía, menos imaginativa y más científica, quedando la expresión formal del relieve como asignatura pendiente. A lo largo del *Quatroccento* se formalizan los conceptos de la perspectiva lineal, para dotar de impresión tridimensional tanto a las vistas corográficas como a dibujos arquitectónicos y de máquinas. Sin embargo, el empleo de la perspectiva no constituye la contribución más importante para el proyecto arquitectónico, donde la sistematización en el uso de tríadas de proyecciones ortogonales a escala (o con acotaciones), secciones, «vistas fantasmas» o transparencias (en las que, en vez de cortar el objeto, se asume que su envoltura es transparente), suponen un cambio esencial. Las máquinas se representarán en la mayoría de casos mediante un único dibujo de conjunto, llegándose a complementar perspectivas, secciones y «vistas fantasmas» con despieces, vistas «estalladas» y, en menor medida, con proyecciones ortogonales, muy raramente con esquematizaciones geométricas de elementos. En muchos casos aparecerán acotaciones someras en los planos, rara vez sistemáticas.

Los ingenieros militares no pudieron siempre asumir una correcta interpretación de planos «abstractos» por sus superiores. Por ello, a pesar de que con frecuencia los dibujos eran presentados personalmente o por medio de un colaborador, era usual potenciar la legibilidad mediante: (1) el empleo combinado de diversos sistemas de representación; (2) la integración de vistas y detalles diversos en un mismo dibujo (normalmente, a distintas escalas); (3) la coloración con acuarelas, buscando una más fácil percepción de la realidad o transmitiendo información codificada (lo que había que preservar, demoler o construir *ex novo*); (4) la utilización de recortables o solapas que superponían dibujos con secciones a distintos niveles o con las variantes constructivas propuestas, a veces como economía para no repetir un plano; (5) la difuminación selectiva de lo menos relevante; (6) el empleo de reclamos a textos o su inserción *in extenso* en el propio plano. En apoyatura a esa «legibilidad» de lo informado o propuesto, con frecuencia los dibujos se acompañaban de modelos en madera, yeso o barro.

En el ámbito de la expresión gráfica, el Renacimiento sienta unas nuevas bases de las que hoy en día aún se es directamente tributario.

I

La representación gráfica: alcance y consecuencias

Para trazar una visión panorámica de la expresión gráfica en la técnica renacentista, se han de identificar los dominios predominantes de uso, *en qué*, sus finalidades básicas, *para qué* y sus destinatarios, *para quién*. Conocido el ámbito de actuación, se hará especial énfasis en los *sistemas de representación* empleados; ocasionalmente se mencionarán algunas *variables gráficas* o el recurso a lenguajes no estrictamente gráficos.

Los dibujos de Tiburcio Spannocchi en la *Descripción de las marinas de todo el Reino de Sicilia* (h. 1578-1596)[1] (figs. 1.8 y 4.9) muestran que entre las funciones de los ingenieros militares se encontraba el «retrato» informado, fidedigno y minimalista (sin decoraciones y elementos superfluos) del territorio. Se pretendía garantizar su conocimiento, organizarlo y controlarlo, evidenciándose el empleo de diversos niveles de descripción, desde el levantamiento geográfico, pasando por vistas corográficas, hasta el meramente arquitectónico. Análoga reflexión se deriva, por ejemplo, al contemplar la descripción de las Canarias por Leonardo Turriano[2].

A los afanes descriptivos anteriores se han de sumar los que cosmógrafos, cartógrafos y navegantes desarrollaron para cartografiar los mares con sus costas. La preocupación por describir territorios por parte de ingenieros y otros «oficios matemáticos» conexos abarcó tanto el nivel geográfico como el corográfico, distinción con raíz en Claudio Ptolomeo (h. 100-h. 170), para quien la geografía era «representación gráfica de todo el mundo conocido junto con los fenómenos contenidos en él», mientras que la corografía había de ocuparse de «describir los menores detalles de los lugares». En realidad, tras esta distinción se ocultaba una geografía matematizada cuya ambición era representar de la forma más precisa posible partes significativas de la superficie terrestre (para lo que había de tener en cuenta las coordenadas geográficas y el sistema de proyección), mientras que la corografía, más local, más ocupada por las particularidades y apariencias tangibles, en lo gráfico requería un dibujante que plasmase imágenes perceptibles[3]. Pedro Apiano explicita, en su *Libro de Cosmografía* (1548):

> Chorographía es la misma cosa que topographía, la qual se puede decir traza de lugar, describe y considera particulares lugares por sí aparte, sin consideración ni

[1] T. Spannocchi: *Marine del Regno di Sicilia*, Ordine degli architetti della provincia di Catania (A cura di Rosario Trovato), 1993. Edición facsímil no venal.

[2] F. J. Martín Rodríguez (1986).

[3] Las corografías no sólo se describen mediante dibujos. Existen numerosos textos puros con prolijas descripciones corográficas. Por ejemplo, la impresa de Rodrigo Caro, como libro III de su *Antigüedades, y Principado de la Ilustríssima Ciudad de Sevilla y Chorographía de su Convento Iurídico, o Antigua Chancellería* (Sevilla, Andrés Grande, 1634, fols. 87r-220v).

> comparación de sí mismos, ni dellos con otros. Empero con gran diligencia considera todas las particularidades y propiedades, por mínimas que sean que en los tales lugares se hallan dignas de notar [...]. El fin de la chorographía es pintar un lugar particular.

Valga como apunte que en el Renacimiento no se encuentra separada como tal la cartografía de la geografía, por lo que, para nuestros propósitos, geógrafo y cartógrafo serán sinónimos.

Las referencias anteriores evocan la realización de mapas (cartografía), de vistas (de territorios, urbes, instalaciones) y de dibujos arquitectónicos (todo tipo de obras constructivas), habiéndose de completar con un bloque sobre dibujos de instrumentos, herramientas, máquinas y procesos industriales. A lo anterior habría que añadir el dibujo puramente geométrico, aunque no será objeto de atención en este apretado panorama.

El dibujo «técnico», denominación que se usa por oposición al «artístico», pretende representar fidedignamente «realidades» tridimensionales. Éstas puede *existir* físicamente o estar simplemente *imaginadas*, ser fruto de un acto de creación mental, caso en el que el dibujo es eslabón intermedio entre la idea y su materialización. Los dibujos sirven también como instrumento y soporte de reflexión (experimentos en papel), eventualmente en imbricados procesos de *análisis* y de *síntesis*. La representación de realidades se puede llevar a cabo en un espectro delimitado por las *vistas* documentales, donde prevalece una impresión de conjunto, y los *levantamientos* detallados, en los que sobresale la definición rigurosa del objeto, sea un terreno o edificio. En la representación imaginada caben los *proyectos* (de intervención territorial, arquitectónicos, mecánicos), que pueden tener valor contractual (definición de lo que se quiere hacer), además de la propuesta de *modelos tipo* (sugerencias de máquinas o edificios, por ejemplo, que no tienen por qué existir). A este marco de representación pertenece la *ilustración* técnica, más allá de lo que hoy se reconoce como dibujo técnico, pero excluye la representación de objetos tridimensionales mediante elementos también tridimensionales: los *modelos* o *maquetas*, que serán objeto de una breve consideración en el epílogo de este trabajo. La representación mediante dibujos o maquetas se situó en la disputa por la primacía de las artes que enfrentó a pintores y escultores.

Los destinatarios condicionan los dibujos. Entre éstos se hallan los *clientes*, donde se encuadran los mecenas y las administraciones, que son quienes han de aprobar lo propuesto. También son destinatarios, de normalmente otro tipo de dibujos, los maestros de obras y artesanos que han de llevar el proyecto a cabo. Entre estas dos categorías se podrían considerar los humanistas, con frecuencia intelectuales con capacidad de influir en las tomas de decisión. La figura de los técnicos se sitúa, así, en un lugar intermedio entre clientes y operarios. Obviamente la calidad técnica y ornamental de los dibujos, sobretodo de las ilustraciones, dependerá de los patrocinadores. Por último, los dibujos pueden tener grados de acabado muy diferentes, no sólo según el destinatario, sino también según las circunstancias. Un

croquis o un boceto pueden tener como destinatario al propio autor para su archivo o a un mecenas o autoridad, en fases preliminares de elaboración o en circunstancias de urgencia.

La consideración de las variables anteriores se escapa del análisis que aquí se pretende realizar. Nuestra atención se centrará en el sistema de representación empleado (es decir, en los *sistemas de proyección geométrica*, que permiten la definición del «esqueleto» o «armazón» del dibujo), sin olvidar por completo las variables gráficas (líneas, figuras, luces y sombras, texturas, colores), a veces de gran importancia a la hora de transmitir con eficacia la idea representada, así como la inclusión de lenguajes no estrictamente gráficos (rótulos y leyendas, escalas, pitipiés o troncos de leguas). Los primeros aumentan el realismo de la representación, mientras que los otros ayudan a su comprensión funcional o a la percepción de sus dimensiones. El sistema de representación, junto con las variables gráficas y las acotaciones numérico-textuales definen un *estilo gráfico*, que en parte puede estar determinado por el uso (no es lo mismo trazar un proyecto que una vista documental) o el destinatario del mismo. Por ejemplo, Juan de Herrera emplea preponderantemente el sistema de proyección ortogonal, con secciones y precisión dimensional (a veces sólo parcialmente acotado), pero no suele hacer uso de texturas y sombras, perspectivas o color. Sin embargo, los ingenieros de fortificación recurren con frecuencia a proyecciones oblicuas militares (en las que se respetan la planta y el plano de tejados, quedando los edificios escorzados, pero dentro de una imagen global coherente) y al color, en tanto que código para las intervenciones.

El dominio de las técnicas de representación gráfica será decisivo en la segregación de las tareas de diseño y ejecución, lo que implica una diferenciación de categorías socio-profesionales donde los ingenieros, arquitectos o cartógrafos, por ejemplo, emergen o se consolidan como profesionales de artes liberales.

II

Pintando mares y territorios: la cartografía

El propósito de esta sección no es historiar la cartografía española[4], sino reseñar la incorporación de algunos recursos para la representación plana de realidades en la superficie terrestre. El primer problema geométrico, desarrollar en un plano la superficie del planeta, «es imposible», habiéndose de convivir con la imperfección esencial de las representaciones cartográficas. En línea con la herencia helénica,

[4] Véanse, entre las referencias reflejadas en la bibliografía final: VV. AA. (1982); R. Cerezo Martínez (1994); A. Hernando (1995); R. L. Kagan (1998); C. Liter, F. Sanchís y A. Herrero (1992); L. Martín Merás (1993); B. E. Mundy (1996); J. Rey Pastor y E. García Camarero (1960); F. Romero y R. Benavides (1994); N.J.W. Trower (2002); D. Wigall (2000).

intelectuales con formación matemática propondrán proyecciones con diferentes características, según el uso del mapa.

En el Renacimiento, la cartografía náutica era preocupación fundamental. De hecho se suele afirmar que la moderna cartografía «floreció primero en el mar», lo que se fundamenta en la tradición de los portulanos, así como en el impulso que supuso la aventura de los grandes descubrimientos geográficos. Pero durante el siglo XVI los cartógrafos se interesan también por realidades más próximas, sus propios países en particular, lo que lleva al desarrollo de la geografía regional: la corografía o topografía. La necesidad de los poderes públicos de conocer sus propios territorios y la natural curiosidad de los intelectuales fueron decisivos al respecto.

Para ello, la cartografía habrá de tener en cuenta la tercera dimensión y considerar la orografía, lo que un par de siglos después dará lugar a las líneas de máxima pendiente o a las curvas de nivel, por ejemplo (también se representarán las profundidades de los fondos marinos, lo que llevará en el siglo XVIII a las isóbatas o curvas batimétricas). Problema difícil, incluso asumido que se dispone de los datos para representar el relieve, su expresión plástica crea problemas que distan de tener solución única aún hoy en día.

Más que la calidad geográfica de lo representado, o los valores estéticos del mapa[5], serán objeto de atención primordial las proyecciones cartográficas, que llevan la trama reticular de paralelos y meridianos a un plano, y la representación del relieve. Cabe reseñar que si bien la astrología-astronomía estaba encuadrada entre las artes liberales del *Quadrivium*, la geografía-cartografía (que no se distinguían) no era considerada como arte liberal en el medioevo.

II.1. *Sobre proyecciones cartográficas: la herencia helenística*

En el legado geográfico helenístico, cuyo apogeo y epítome representa Claudio Ptolomeo, se encuentran ideas tan básicas como:

1. La Tierra es una «esfera».
2. La localización de un lugar se puede establecer a partir de coordenadas absolutas mediante una retícula definida por latitudes y longitudes (coordenadas geográficas), calculables gracias a determinaciones astronómicas.
3. La representación plana de la superficie de la Tierra sólo se puede aproximar mediante proyecciones geométricas diversas, según el uso del mapa.

A ello hay que añadir la mencionada distinción de dos niveles de descripción: una global, geográfica (matematizada, científica), y otra local, corográfica (mas bien pictórica).

Un sistema de proyección cartográfica establece una correspondencia matemática entre las coordenadas geográficas y su representación en un plano, en el mapa.

[5] Dual como otras muchas disciplinas, la cartografía es arte y ciencia. Una discusión al respecto: J. B. KRYGLIER: «Cartography as an art and a Science?», *Cartographic Journal*, vol. 32(6), pp. 3-10, 1995.

Las proyecciones *conformes* mantienen los ángulos, siendo muy útiles si se pretende navegar con rumbo constante. En una proyección *equivalente* las áreas en el mapa son proporcionales a las existentes. Existen proyecciones en las que no se busca preservar matemáticamente ninguna propiedad específica, sino un cierto compromiso.

Básicamente, las proyecciones cartográficas elementales se pueden agrupar según se traslade la información de la superficie del planeta sobre un plano, un cono o un cilindro. Si se trata de un plano, la familia de proyección se denomina *acimutal*, pudiendo proyectarse los contornos visual o geométricamente desde el centro de la esfera, proyección *gnomónica* (atribuida a Tales, s. V a. C.), desde el extremo esférico diametralmente opuesto al punto de tangencia o centro de la intersección, proyección *estereográfica,* o desde el infinito en la dirección ortogonal al plano, proyección *ortográfica* (atribuidas a Hiparco, s. II a. C.). En las proyecciones acimutales, toda recta trazada desde el centro de lo proyectado hacia el exterior es la imagen de un círculo máximo.

En la proyección *gnomónica* los círculos máximos, líneas *ortodrómicas* en la esfera, se proyectan como rectas. La *estereográfica* es una proyección conforme y la *ortográfica* se emplea con frecuencia para representar hemisferios, pero no es ni conforme ni ortodrómica.

Una forma de incrementar las superficies representables acotando algo las deformaciones consiste en proyectar sobre un cilindro o un cono, que después se desarrollarán en un plano; las nuevas familias se denominan *cilíndrica* y *cónica* (una de las proyecciones de Ptolomeo es pseudo-cónica, «en abanico»). En una proyección cilíndrica, el círculo máximo que la define suele ser el Ecuador o un meridiano (en cuyo caso la proyección se denomina *transversa*); el desarrollo es un rectángulo reticulado, no necesariamente uniforme.

Las proyecciones mencionadas son *perspectivas*, ya que se obtienen por irradiación de líneas desde un punto (de vista) aunque, eventualmente, se encuentre en el infinito. Constituyen un reducidísimo número de las matemáticamente posibles. Por ejemplo, entre las proyecciones cilíndricas, no es perspectiva la *carta cuadrada* o *plana*, introducida por Marino de Tiro (s. I a. C.) y empleada profusamente por la escuela cartográfica sevillana: el mapa se organiza a partir de un retículo cartesiano de paralelos y meridianos con espaciado constante. Si para reducir deformaciones los «cilindros» no se hacen rectangulares, sino que se curvan hacia los polos, la familia de proyecciones se denomina *pseudo-cilíndrica*.

II.2. *Cartografía marítima: portulanos, cartas planas y cartas esféricas*

La herencia cartográfica medieval se resume en tres líneas disjuntas: (1) mapamundis circulares o «de T en O» (apelación empleada por San Isidoro de Sevilla, h. 560-636, en sus *Etimologías*) de motivación eclesiástica[6]; (2) la transmisión erudi-

[6] Entre lo más significado de la producción española altomedieval se encuentra cerca de una quincena en diversos *Beatos* (los «mapas» de los *Beatos* de Burgo de Osma, Girona, San Andrés del

ta del acervo científico helenístico, resumido en la *Geografía* de Ptolomeo[7]; y (3) los portulanos, de tradición técnica. Denominación derivada del latín *portus*, son cartas de marear mediterráneas, de las que surgirán otras *náutico-geográficas*[8] al añadirse información (física, biológica, etnográfica, política) sobre los territorios. En continuidad con los portulanos, náuticos y náutico-geográficos, comenzará la construcción de la cartografía atlántica en la Casa de la Contratación, en Sevilla.

En el capítulo «De la composición de la carta de marear», Martín Cortés introduce la necesidad de pintar mares y costas, al tiempo que delinea el estado del arte a mediados del siglo XVI:

> Navegar no es otra cosa sino caminar sobre las aguas de un lugar a otro [...]. Siendo este camino tan dificultoso, sería difícil darlo a entender con palabras o escribirlo con la pluma.
> La mejor explicación que para esto han hallado los ingenios de los hombres es darlo pintado en una carta [...] para la fábrica de la cual se presupone saber dos cosas. La una es la posición de los lugares y la otra la distancia que hay de unos lugares a otros. Y así la carta tendrá dos descripciones: la una que corresponde a la posición, será de los vientos a que los marineros llaman rumbos y la otra que corresponde a las distancias, será la pintura de las costas de la tierra y de las islas cercadas de mar[9].

Posteriormente, tras explicar cómo trazar cartas, Cortés incorpora las «alturas» (latitudes) y, sin explicitarlo, cierra cuadrículas hasta obtener cartas «planas». Pero termina reconociendo que «no usan ni saben usar los pilotos y marineros de otras cartas sino de estas planas (como tengo dicho) las cuales, por no ser globosas, son imperfectas». A continuación denuncia que una corrección a realizar consiste en reducir el arco de paralelo en función de la latitud («las meridianas se van restringiendo y angostando»), aunque no propone realizar cartas con esa «corrección», quizás porque los pilotos no la aceptarían, dada su inadecuación para navegar. En resumen, Cortés parte del conocimiento de los portulanos, introduce las cartas planas, representación de origen helénico de amplio uso en el Renacimiento, y se lamenta de su inadecuación. La solución a la realización de cartas conformes, aptas para la navegación, como a otros problemas cartográficos, vendrá de la mano del flamenco Gerardus Mercator, nombre latinizado de Gerhard Kremer (Rupelmonde, 1512 – Duisburgo, 1594), discípulo de Gemma Frisius en la Universidad de Lovaina.

Portulanos: «la cartografía floreció en el mar»

La motivación de los portulanos, cartas *arrumbadas* o de *compás*, era ayudar a la navegación por el *Mare Nostrum* romano. En sus orígenes eran, como los peri-

Arroyo, Manchester y Turín se encuentran reproducidos en J. YARZA LUACES: *Beato de Liébana, Manuscritos Iluminados,* Moleiro Editor, Barcelona, 1998).

7 Parcialmente preservada y acrecentada por los geógrafos islámicos, su representante musulmán más importante es Al-Idrisi (Ceuta, 1100 – Palermo, h. 1165), formado en Córdoba.

8 Denominación introducida por J. REY PASTOR y E. GARCÍÁ CAMARERO (1960), pp. 23-33.

9 Martín CORTÉS: *Breve Compendio de la Sphera y de la Arte de Navegar*, Sevilla, 1551, fols. LXIV-LXII.

plos griegos, libros de notas de los navegantes en los que se describían trayectos e incidencias entre los puertos del Mediterráneo. La aparición de la brújula en el siglo XII permitió cuantificar los arrumbamientos y demoras, y dar cierta consistencia a masas de datos expresados textualmente o en croquis parciales de costas. En fecha imprecisa, quizás hacia la primera mitad del XIII, la ingente información dispersa comenzó a integrarse y se fue llegando a una representación gráfica canónica, de donde pudieran derivar las «cartas portulanas», luego simplemente portulanos o «cartas de compás». El más antiguo portulano conservado es la denominada *Carta Pisana* (h. 1300), realizada en Génova. De una perfección técnica destacable, es de suponer que las primeras cartas de la cuenca fueron trazadas con notoria anterioridad, aunque se sabe que en Oriente se emplearon mapas con análoga técnica constructiva antes que en Europa. Las dos escuelas europeas más importantes en la producción de portulanos son la italiana (Génova, Pisa y Venecia) y la catalano-mallorquina. De esta última se conocen magníficos ejemplares, algunos tan tempranos y bellos como el realizado por Angelino Dulcert, h. 1339 (Biblioteca Nacional de París).

Los portulanos no emplean coordenadas geográficas, sino que están cubiertos por una urdimbre de líneas-rumbos con origen en unos puntos centrales denominados «ombligos» o «rosas de los vientos». En esencia, un portulano se traza a partir de rumbos definidos por brújulas y estimaciones de distancia[10], lo que asume una escala uniforme en todo el mapa. Por consiguiente, los portulanos contienen una inconsistencia conceptual, ya que orientaciones y distancias no se pueden preservar simultáneamente al pasar a un plano un amplio casquete esférico[11]. No obstante, diversas razones hicieron que tan empírica aproximación fuese aceptable:

1. Debido a la pequeña variación de latitud (de 30 a 42°), los efectos de la curvatura planetaria no se hacen especialmente patentes, en la cuenca Mediterránea;
2. Los rumbos se medían con una precisión relativa: si la rosa de los vientos disponía de 32 rumbos, cada rumbo —unidad de cuenta— representaba 11,25°; y
3. Las estimaciones de distancia eran poco fiables.

[10] Realizadas simplemente «a ojo» por los navegantes.

[11] Una hipótesis sugerida en J. REY PASTOR y E. GARCÍA CAMARERO (1960) es que pudieran haberse hecho por triangulación: dados dos puntos básicos de posiciones conocidas, se visa un tercero en términos de los rumbos necesarios desde cada uno de los primeros y se resuelve el triángulo. El procedimiento se itera hasta cubrir triangulando todos los puntos considerados relevantes. De haber sido este el procedimiento empleado, las cartas de compás o portulanos serían conformes, construyéndose —aun sin saberse— una carta mercatoriana o loxodrómica. Como ventaja añadida, la carta así levantada no emplea las estimaciones de distancia, de precisión mucho menor que las medidas de rumbo, por lo que su calidad geométrica sería mayor. No obstante, no parece razonable admitir totalmente este procedimiento en la época, aunque es posible que en parte se utilizara. A comienzos del siglo XVI, Gemma Frisius propuso este método para realizar levantamientos cartográficos terrestres, donde las singularidades orográficas suelen ser más fáciles de visualizar.

Pese a lo comentado con respecto a las precisiones de medida, innumerables viajes, con sus éxitos y fracasos en las observaciones y los cálculos derivados, permitirían mejorar las estimaciones. En cualquier caso, tanto estas imprecisiones como las derivadas de la curvatura de la superficie terrestre, quizás desconocidas para los trazadores de los portulanos, obligarían a ser «flexibles» en las construcciones con el compás (es decir, a resolver «tolerantemente» las contradicciones geométricas). Así trazados, los portulanos no podrán ser útiles en superficies significativamente mayores, porque manifestarán inconsistencias geométricas difíciles de resolver, como así ocurrirá cuando se pretenda integrar el Nuevo Mundo.

Sobre la génesis de los portulanos existen múltiples incógnitas, dado que la inmensa mayoría presenta trazados de costa muy similares, igualmente orientados, sin apreciable progreso en la representación de islas y costas a lo largo del tiempo, y una calidad geométrica notoriamente superior a la de las copias e impresiones de la *Geografía* de Ptolomeo[12]. Ello ha dado lugar a la teoría de que todos provienen de uno perdido, realizado por un genial «protocartógrafo» del siglo XIII. Por otro lado, la información sobre la geometría costera ha inducido a pensar que el trazado de los portulanos pudiera basarse en una *proyección cilíndrica oblicua conforme*. No obstante, muy probablemente el mencionado tipo de proyección es sólo uno que *a posteriori* se ajusta razonablemente[13], lo que no significa que las cartas fueran trazadas con ella *in mente.* En cualquier caso, siendo la extensión de la cuenca mediterránea relativamente limitada, y dado que el rumbo es la información principalmente empleada (de donde los meridianos magnéticos son paralelos), las cartas deben «ser conformes». Por otro lado, la variación de latitud es relativamente pequeña (12°), frente a la de longitud (42°), por lo que una proyección cilíndrica exhibirá mejor ajuste que una acimutal. Finalmente, dada la estabilidad de la declinación magnética entre los siglos XIII y XVI, es natural que los portulanos estén orientados hacia un mismo norte magnético, que colocan en la parte superior. En resumen, es razonable que el sistema de proyección implícitamente empleado pueda admitirse como una prefiguración empírica y oblicua (debido a la declinación magnética) de la proyección cilíndrica conforme de Mercator.

Los portulanos representan esencialmente la costa, con toponimia escrita ortogonalmente, indicando las singularidades de interés náutico más importantes: puertos, fondeaderos, peligros como arrecifes o bajíos, etc. Los de la escuela mallorquina se distinguen por la calidad y riqueza de su ornamentación (banderas, castillos, templos, campamentos, barcos, reyes, animales exóticos) y su amplia leyenda.

12 G. Menéndez-Pidal (2003), p. 129. En particular, los portulanos corrigen la gran distorsión este-oeste en los mapas copiados de la *Geografía* de Ptolomeo (que daban al Mediterráneo 63° de longitud, frente a los 42° otorgados por los portulanos, es decir con errores de +23° y -1°, respectivamente).

13 A. Paladini Cuadrado (1993); R. Cerezo Martínez (1994), pp. 36-40.

Hechos sobre pergamino, en realizaciones de lujo llegaron a alcanzar una gran belleza. Se podría dudar de que muchos de los conservados se realizaran para navegar, en vez de para agasajar a personalidades. Al margen de esto, la inequívoca dimensión práctica de los portulanos en la Corona de Aragón se puede observar en el mandato de Pedro IV el Ceremonioso (1359), que obligaba a que toda galera llevara al menos dos cartas de marear.

El conocido *Atlas Catalán,* que abarca desde el mar de la China al Atlántico, obra maestra de la escuela mallorquina, fue realizado por el judío Abraham Cresques en 1375 (69 × 390 cm, Biblioteca Nacional de París)[14]. Enviado por Juan I de Aragón a Carlos V de Francia, es quizás el mejor representante del tipo de portulanos náutico-geográficos, que desbordan el marco de las cartas de tipo náutico puro para introducir representaciones de territorios en su múltiple dimensión física, biológica, etnográfica y política. Todo ello sabiendo que suelen estar plagados de referencias simbólicas e incluso mítico-religiosas (como por ejemplo, los Tres Reyes Magos de Oriente en el mencionado Atlas).

Los orígenes de la cartografía marítima moderna: de cartas planas a esféricas

El siglo XVI marca la inflexión hacia una cartografía de una amplitud notoriamente superior a la precedente y matemáticamente fundada. Tres factores primordiales, de orden práctico, conceptual e instrumental, coadyuvan a su renovación, cuando hubo que «aprender a navegar por globo y saber por plano»: el impulso de los grandes descubrimientos geográficos por los reinos ibéricos, el redescubrimiento de la *Geografía* de Ptolomeo (que dará el marco teórico necesario) y el revulsivo que supuso la imprenta, permitiendo reproducciones a costes relativamente asequibles y anulando los riesgos de error por copia.

El desarrollo cartográfico renacentista tuvo dos focos principales: uno empírico-utilitario, heredero de la tradición de los portulanos, formado por las escuelas de Lisboa y Sevilla, y otro básicamente flamenco-holandés, heredero del conocimiento de la Antigüedad Clásica, que buscando la consistencia en las representaciones enfatizó el uso de los trazados según proyecciones geométricas. Los italianos, también muy activos, participaron de una u otra aproximación, según los casos.

En Sevilla y Lisboa, «arrastrados» por la dinámica de los descubrimientos, los avances fueron de corte aplicado. Esencialmente se incorporaron saberes geográficos en portulanos transformados en cartas planas o cuadras. Forzados por el día a día, faltaron en estos ambientes matemáticos y cosmo-cartógrafos más especulativos, aunque en escritos de personajes como Alonso de Santa Cruz o Martín Cortés, por ejemplo, se puedan atisbar reflexiones que podrían haber conducido al desarrollo de proyecciones más consistentes con el uso esperado. El segundo conjunto

[14] Reproducida en cuádruple folio en R. CEREZO MARTÍNEZ (1994), pp. 2 y 3.

de focos, al tiempo que realizó trabajos de carácter más conceptual, sentaba las bases para una industria próspera: la impresión de mapas y atlas.

La presencia de la tradición portulana en las escuelas ibéricas se puede rastrear con facilidad en sus orígenes. Por ejemplo, Jefuda Cresques, hijo del mencionado Abraham Cresques, convertido en 1391 al catolicismo con el nombre de Jaime Ribes, trabajó para Enrique el Navegante dirigiendo la Academia de Sagres. Por el lado de la escuela castellana, la primera carta náutica de América es el famosísimo mapa de Juan de la Cosa (fig. 7.1), realizado con la técnica de los portulanos.

La integración cartográfica de África y del Nuevo Continente, incluso de la Europa nórdica, hizo que el principal presupuesto «implícito» en los portulanos, una importante acotación en la variación de latitud, dejase de ser aceptable. La exploración costera africana, en sentido primordialmente meridianal, determinó la importancia adquirida por la consideración de la latitud en la segunda mitad del siglo XV. Por otro lado, dado que en la navegación tradicional se empleaban rumbos y distancias, en viajes largos las posiciones se calculaban sumando las estimas parciales, acumulándose los errores relativos de cada singladura. Por ello, el recurso a la latitud y la longitud tenía la ventaja de determinar la posición en coordenadas absolutas. Pronto la latitud se comenzó a medir mediante observaciones astronómicas (con astrolabios náuticos, ballestillas o cuadrantes). Sin embargo, el cálculo de la longitud «se resistió» hasta el siglo XVIII[15]. Al margen del importantísimo problema de posicionar un barco, la determinación de la longitud era geopolíticamente crucial, ya que los tratados de Tordesillas (1498) y de Zaragoza (1529) fijaban los meridianos divisorios entre España y Portugal (370 leguas al oeste de las islas de Cabo Verde, en el primer caso; 297,5 al este de las Molucas, en el segundo).

En resumen, durante el XVI los pilotos contaban básicamente con tres datos para calcular su posición: el rumbo, la distancia y la latitud, una redundancia que les permitía mejorar la estimación de sus coordenadas geográficas. Con ello se podía, conocida la posición anterior, determinar tres valores para la nueva: el punto de *escuadría*, basado en el rumbo y la latitud; el punto *de fantasía*, que se calculaba mediante el rumbo y la estima de la distancia recorrida; y el punto de *fantasía y altura*, a partir de la latitud y la estima de la distancia recorrida. Mediante reglas de integración de información, el piloto establecía la «mejor estima» de la nueva posición del barco.

Por ello, se añadieron rápidamente latitudes equidistantes a los «portulanos atlánticos», lo que introducía dos clases de errores: uno debido a la declinación magnética (lo que implica que paralelos geográficos y meridianos magnéticos no

[15] Cuando se pudo «transportar la hora», al disponerse de cronómetros lo bastante precisos y embarcables, ya que la diferencia de longitudes entre dos puntos se determina en función de la horaria, pasada a grados y minutos. La hora del punto actual se puede calcular observando la altura de un astro, mientras que el cronómetro guarda la del punto de origen.

sean ortogonales) y otro geométrico, ya que si se admite «una cierta conformidad empírica» para un portulano, el espaciamiento de los paralelos no puede ser uniforme. El mapa de Juan de la Cosa (fig. 7.1)[16] no está explícitamente graduado en latitud (ni en longitud), aunque dibuja el Ecuador y el Trópico de Cáncer, incluyendo también un meridiano sobre las Azores. Al parecer, la primera carta «portulana» conservada que superpone una graduación en latitud es portuguesa, de Pedro Reinel, h. 1503. El primer mapa impreso que dibuja lo conocido del Nuevo Mundo se debe a G. Contarini y fue publicado en Florencia en 1506. Graduado en latitud y longitud, emplea una proyección análoga a la primera de Ptolomeo, «en abanico».

Incorporada la latitud en las cartas atlánticas, posteriormente se introduce la longitud, también de forma equidistante, con lo que se recupera el primitivo sistema de representación empleado por Marino de Tiro en el siglo I a. C. No obstante, las denominadas *cartas planas o cuadras*, no eran apropiadas para la navegación, ya que no son conformes. A los problemas planteados por la adición de los paralelos se añadía el del equiespaciamiento de los grados de meridiano, independientemente de la latitud. En resumen, el problema de lectura en una carta se agravó dado que se superponían dos sistemas de representación mutuamente inconsistentes. Una mejora introducida por los cartógrafos de la Casa de la Contratación fue compensar la declinación magnética y orientar la carta hacia el norte geográfico, lo que puede verse, por ejemplo, en la carta denominada de Salviati (fig. 7.2) o la de Castiglione (atribuida a Diego Ribero, 1525). Las cartas con esta corrección son planas como las de Marino de Tiro, pero subsiste la incompatibilidad con la presencia de rumbos y troncos de leguas.

Alonso de Chaves, en su *Espejo de Navegantes* (manuscrito de 1536, pp. 110-114), añade a la carta plana una urdimbre de rumbos propia de los portulanos. Martín Cortés parte del trazado de rumbos y distancias, pero indica que «también es menester saber las alturas de polo de algunos cabos principales y puertos y de famosas ciudades», explicando cómo graduar en latitudes una carta en la que, como se ha dicho, erróneamente superpone un espaciamiento homogéneo de los paralelos, pero no explicita el trazado de los meridianos (fig. 13.6). Consciente del problema, habla de los «defectos de la carta pintada en plano»:

> cuanto se van alongando de la equinoccial para cualquiera de los polos las líneas meridianas, se van restringiendo y angostando de tal manera que si dos ciudades o puntos en la equinoccial distasen de longitud sesenta leguas y en los mismos meridianos a sesenta grados de la Equinoccial para cualquier de los polos estuvieren otras dos ciudades o puntos no distarían de longitud sino treinta leguas[17].

A Cortés le tortura la imperfección de lo que expone, pero no tiene solución que ofrecer y se autoexculpa poniendo como pretexto la predilección de los pilo-

[16] Para un estudio detallado, véase, por ejemplo, R. Cerezo Martínez (1994), pp. 89-118.

[17] M. Cortés (1551), fol. LXVIIv. En otros términos: el coseno de sesenta grados es 0,5.

7.1. Mapamundi de Juan de la Cosa *(183 × 96 cm, Puerto de Santa María, 1500), Museo Naval, Madrid. Representa la transición entre la cartografía mallorquina y la sevillana. Realizado sobre dos pergaminos, cada uno contiene un círculo director rodeado por un total de 16 nudos y en el centro una rosa (nudos y rosas de 32 vientos). Ilustrado a la manera de los portulanos, estilísticamente su decoración es típicamente mallorquina.*

7.2. Planisferio denominado de Salviati *(aprox. 2,66 × 0.97 m), nuncio papal en España, atribuido a Nuño García de Toreno (Sevilla, 1525). Muestra el Ecuador, así como los trópicos de Cáncer y Capricornio, y el meridiano de separación entre los territorios castellanos y portugueses. Dibuja la costa americana desde la península de Labrador hasta el estrecho de Magallanes. Con el Mar Rojo en su color, dibuja árboles, montañas animales y tiendas en los nuevos territorios. Copia sobre pergamino del Padrón Real. Biblioteca Laurenziana, Florencia.*

tos de la Carrera de Indias por este tipo de cartas. Lo cierto es que a pesar de la dureza con que se manifiesta Rey Pastor al criticar latitudes y longitudes «en mala hora superpuestas a los portulanos», lo «que detuvo durante un siglo el avance de la Náutica», a partir de las latitudes observadas y rumbos seguidos se calculaba el punto de escuadría, de modo que el pilotaje de las naves hispanas y portuguesas se hizo con eficiencia.

La solución al problema de la carta conforme para navegantes la aportará Gerardus Mercator en 1569, al publicar su mapamundi «para uso de los marineros». La idea consiste en extender progresivamente con la latitud la separación entre dos paralelos de forma que las líneas de rumbo constante, loxodrómicas, se representen como rectas[18]. La carta esférica o mercatoriana es una proyección cilíndrica normal (tangente y ecuatorial), generada matemáticamente, no por proyección perspectiva alguna. La conformidad buscada supone enormes magnificaciones en distancias y superficies a grandes latitudes, por lo que su interés para usos diferentes de la navegación es muy restringido[19]. Echar el punto en este tipo de cartas, cuando había de intervenir la estima de lo navegado o medir distancias, no resultaba fácil a los pilotos, por lo que tardaron en ser aceptadas[20]. A comienzos del XVII, ingleses y flamencos hacían un uso más extendido de este tipo de cartas que los hispano-portugueses. En cualquier caso, en el XVIII todavía no estaba completamente generalizado su empleo.

En el primer tercio del XVI se pensaba que las loxodrómicas definían los caminos más cortos entre dos posiciones dadas o que, dicho de otro modo, describían círculos máximos. Pedro Nunes (1537) evidenció que una loxodrómica oblicua (de

[18] Mercator no publicó la demostración. Una primera explicación fue propuesta por E. WRIGHT en *Certaine Errors in Navigation Detected and Corrected* (Londres, 1599), que calculó numéricamente de forma aproximada una tabla con las separaciones de los paralelos. En términos actuales sus distancias relativas han de ser proporcionales a las diferencias de la integral de la secante de la latitud. No existiendo aún el cálculo diferencial, la ecuación no fue publicada hasta 1696, por el matemático y astrónomo Edmond Halley.

[19] Por ejemplo, Groenlandia aparece superficialmente magnificada unas cinco veces con respecto a la India (que por estar próxima al Ecuador se presenta poco alterada). La citada isla aparece incluso mayor que China. Pero los mapas son representaciones que admiten interpretaciones ideológicas, y las cartas mercatorianas han llegado a ser acusadas de eurocentrismo. ¡Pobre Mercator! En la proyección equivalente (preserva las importancias superficiales relativas) de James Gall (1885, también denominada de Peters), inversamente a la mercatoriana, los paralelos se aproximan con la latitud. Técnicamente es una proyección ortográfica sobre un cilindro secante a 45° N y 45° S de latitud.

[20] La distancia es la diferencia de latitudes transformada en leguas por la secante del rumbo, si era oblicuo. Si se navegaba por un paralelo, el coseno de la latitud por la diferencia de latitudes transformada en leguas en el Ecuador. Pero no se debe olvidar la formación real de los pilotos. Martín Cortés, en el prólogo de su *Breve Compendio* (1551), se lamenta de su ignorancia afirmando que «pocos o ninguno de los pilotos saben apenas leer y con dificultad quieren aprender y ser enseñados».

45°) es espiriforme sobre un polo[21], por lo que no pasa de un hemisferio al otro y, por consiguiente, no podía ser un círculo máximo. Ello planteaba la cuestión de la navegación ortodrómica (por círculos máximos), pero ésta no quedó consolidada como un problema náutico. Por un lado, el beneficio no es espectacular[22] y, por otro, el manejo de cartas ortodrómicas no era útil para navegar, habida cuenta de que los ángulos medibles no tenían correspondencia con los rumbos. En una carta mercatoriana, contraviniendo la intuición, un camino de longitud mínima entre dos puntos no aparece como una recta, por ello la navegación ortodrómica se reduce a poli-loxodrómicas que la aproximen.

II.3. *De la geodesia a la planimetría*

Las representaciones para las cartas náuticas tenían la conformidad como desiderata técnica mayor, lo que supone deformaciones significativas de distancia y superficie a grandes latitudes. Por otro lado, un número importante de cartas náuticas incorporaba un alcance geográfico muy amplio, incluso a nivel de mapamundi, al tiempo que el carácter puramente náutico se abandonaba a veces para representar diversos hechos geográficos. Este nivel global de representación corresponde a lo que Ptolomeo consideraba nivel geográfico. Tras mirar hacia los nuevos mundos, e impulsados por intelectuales y poderes públicos, en el siglo XVI los geógrafos vuelven en parte sus miradas hacia entornos más próximos, dando lugar a una rica cartografía regional, corográfica[23].

Mapas corográficos

El concepto de región puede tener alcances superficiales muy diferentes, dando lugar a diferentes problemas gráficos de representación. Si la superficie es «pequeña», las deformaciones por pasar de la esfera al plano son poco relevantes, por lo que una proyección azimutal centrada en su territorio puede ser, normalmente, suficiente. Sin embargo, si la región es mayor, como la de un continente, y el objetivo no es tener una carta conforme, sino una que guarde la apariencia del territorio, será recomendable el empleo de otro sistema de proyección[24].

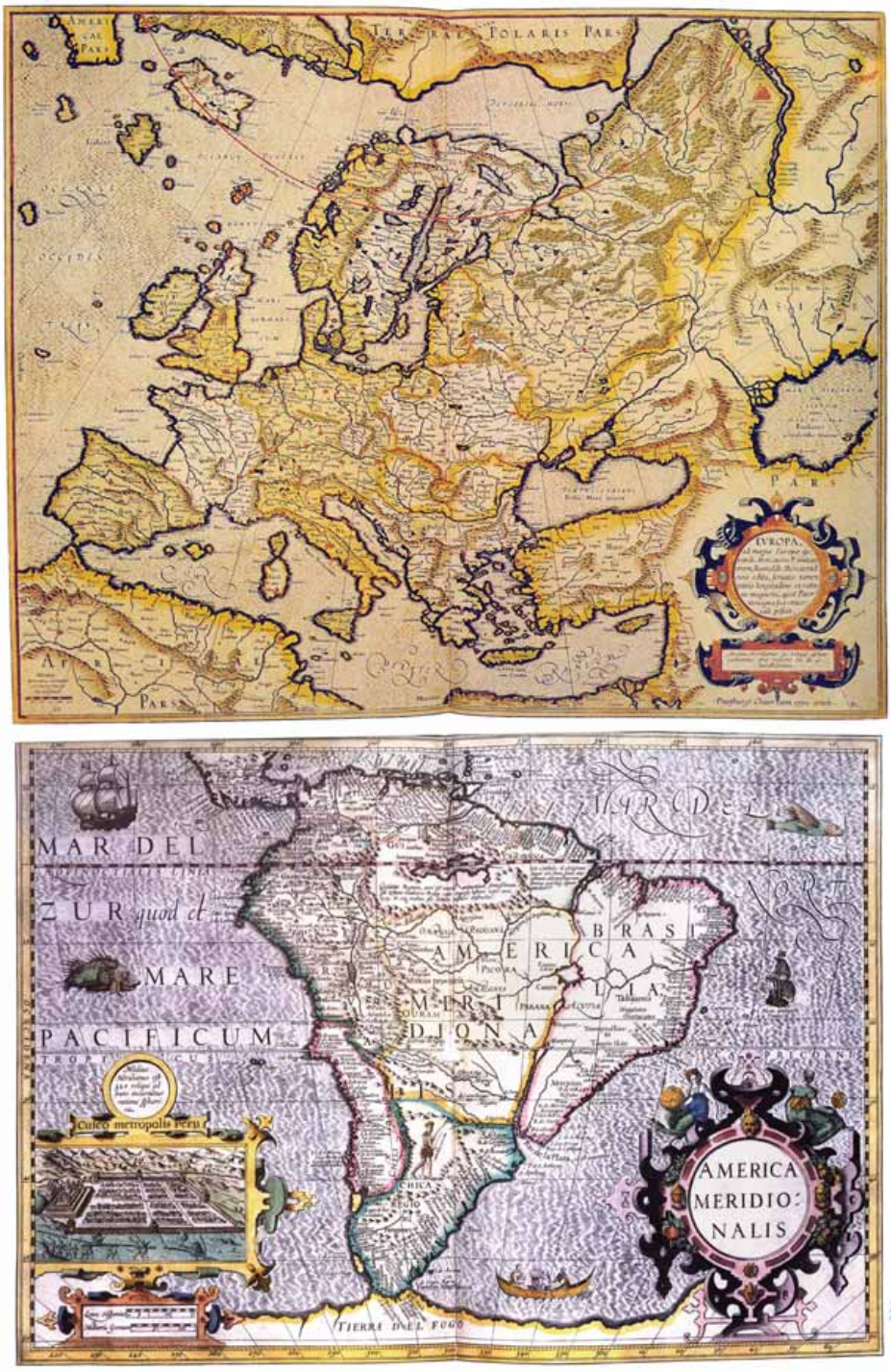
---

21 La loxodrómica de la esfera fue estudiada por Simon Stevin (1548-1620) en 1608.

22 La reducción de una navegación (aérea) ortodrómica frente a una loxodrómica se hace más sensible con un aumento de la diferencia de longitudes. Entre Barcelona y Chicago (ciudades a unos 42° de latitud y con unos 90° de diferencia de longitud) es, aproximadamente, de un 6%.

23 El influjo de la cartografía náutica sobre la terrestre se hace evidente, por ejemplo, en el curioso mapa terrestre arrumbado y carente de coordenadas geográficas del ingeniero militar Bautista Antonelli (1590): *Camino del Virrey*, de Veracruz a México (A.G.I., M. y P., México, 39).

24 Incluso si el tamaño no es tan importante, pero existe un significativo alargamiento en una dirección, y se desean mínimas deformaciones. De este modo, hoy en día es frecuente que mapas del Reino Unido empleen una cilíndrica transversa (U.T.M., Universal Transversa de Mercator o conforme de Gauss).



7.3. Dos proyecciones mercatorianas: *(1) Cónica con dos paralelos estándar: Gerard Mercator (1554),* Europa*, recogido en el Atlas de 1595; (2) Sinusoidal: Jerónimo de Chaves (1579):* America Meridionalis *(en el* Teatrum Orbis Terrarum *de Ortelius, 1580).*

El Renacimiento fue prolífico en la introducción de sistemas de proyección[25]. A Mercator se debe el empleo de una proyección cónica con dos paralelos estándar, meridianos radiales y latitud equiespaciada, introducida con un mapa de Europa (1554) que en 1595 integraría su hijo en el *Atlas* (fig. 7.3.1). La distorsión, compromiso entre las exhibidas por las proyecciones cónicas conforme y equivalente, es relativamente reducida, constante en cada paralelo, nula en los estándar.

Por otro lado, diagnosticado tempranamente el problema de la disminución del grado de paralelo con la latitud, una proyección pseudo-cilíndrica frecuentemente utilizada por los cartógrafos fue la de mantener los paralelos rectilíneos y equidistantes, mientras que los meridianos se curvaban hacia el central que se mantenía recto, dándole al grado de paralelo su valor real. Más precisamente, si p es la longitud y q la latitud, al margen de la escala, las coordenadas (p, q) de las cartas planas se proyectan como $(p \cdot \cos (q), q)$. Obviamente no se trata de una proyección perspectiva, ni exhibe conformidad, aunque sí equivalencia, sabiendo que la deformación aumenta monótonamente con la longitud (al separarse del meridiano central. Denominada *sinusoidal* (fig. 7.3.2), también se la conoce como proyección «equivalente de Mercator». Abraham Ortelius (1527-1598), nombrado geógrafo real por Felipe II en 1575, utiliza este sistema de representación en su *Theatrum Orbis Terrarum* (1570)[26], el primer atlas moderno impreso[27].

Aunque el efecto global de la imprenta fue extraordinario, los elevados costes de elaboración de buenos mapas (xilografías o calcografías) determinaron la pervivencia de mapas «anticuados», ya que los impresores se resistían a realizar con frecuencia actualizaciones. En cierto modo, la imprenta se llegó a convertir en un medio «económico y libre de errores de copia» para difundir «informaciones superadas» por la vertiginosa dinámica de los descubrimientos. Obviamente, la observación anterior no empaña una actividad fantástica de difusión del conocimiento geográfico. Hasta mediados del XVI, dominan los centros de producción italianos, mientras que en su tercio final y durante el XVII el mercado se controla desde Flandes y Holanda[28].

La cartografía editada sobre España fue escasa, quizás porque la demanda de estos documentos también lo fue. Como afirma A. Hernando, «no deja de ser asom-

[25] Véase, por ejemplo: N.J.W. THROWER (2002); J.P. SNYNDER (1993).

[26] En 1573 publicó una segunda edición añadiendo diversos mapas, operación que se repitió hasta 1624, totalizándose cuarenta ediciones. En 1588 fue impreso en castellano. Sobre los mapas de España en el *Teatrum*, v. A. HERNANDO, 1998.

[27] Muerto Mercator, su hijo Rumold publica en 1595 el *Atlas*, colección de mapas con la que la denominación se consagra.

[28] De Rumold Mercator, las planchas pasaron a su cuñado Jodocus Hondius, que lo actualizaría como *Atlas Hondius-Mercator*. Con aportaciones sucesivas, las planchas pasarían a Joannes Janssonius. Análogamente, parte de las planchas de Ortelius, incluso del propio Hondius-Mercator, pasaron a los Blaeu, familia que en tres generaciones de impresores-cartógrafos montó un emporio que destruyó el fuego en 1672. Algunas de las planchas que sobrevivieron fueron usadas por otros impre-

brosa la indigencia de fondos cartográficos, conociendo el enorme esfuerzo que se derrochaba en confeccionar mapas de América y los admirables precedentes de fines de la Edad Media»[29]. Quizás el «mapa» más antiguo elaborado y publicado en España sea la xilografía que define la portada del *Libro de Grandezas y Cosas Memorables de España* (Sevilla, 1548)[30], de Pedro de Medina. Entre los trabajos que quedaron manuscritos cabe destacar el *Atlas del Escorial* (contiene un mapa de conjunto de la Península Ibérica, así como veinte hojas más de 40 × 55 cm), a escala 1:400.000, graduado en longitud y latitud. Ha sido atribuido a Pedro de Esquivel, a quien Felipe II encargó en 1566 realizar una descripción de España[31]. Esquivel empleó la triangulación geodésica, introducida por Frisius, así como instrumentos topográficos relativamente precisos.

Epítome de la cartografía renacentista puede considerarse el soberbio *Mapa General de Aragón* realizado por J. B. Lavaña (fig. 7.4) por encargo de la Diputación del Reino de Aragón (1610). Cosmógrafo, cartógrafo e ingeniero, en 1615 afirmaba tenerlo acabado, indicando «que era el más exacto que se había hecho, y el ornato de lo mejor, que restaba tratar de la estampa y que si se hubiese de hacer en Flandes se dilataría mucho». En carta a los diputados del Reino de Aragón (1616) asevera que se trata de

> la mejor i más exacta descripción que de ningún Reino ni Provincia se ha hecho, porque todas quantas hai se hazen por información i éssa se hizo por vista de ojos con instrumentos matemáticos usados de pocos.

Aprobado por los diputados del Reino, se graba en casa de Lavaña en Madrid por Diego de Astor, discípulo de El Greco en 1619[32]. En una pequeña cartela se precisa:

> Toda esta descripción se ha hecho con observaciones geométricas y astronómicas reconociendo con ellos el sitio de todos los lugares cuyas medidas son por el ayre.

Con frecuencia los mapas topográficos «retrataban» escenarios de valor estratégico, especificaban obras de fortificación o infraestructuras civiles. Es comprensible que muy a menudo, para ahorrar en la reproducción de planos o mapas, las alteraciones propuestas se plasmaran en trozos de papel que a modo de solapas o

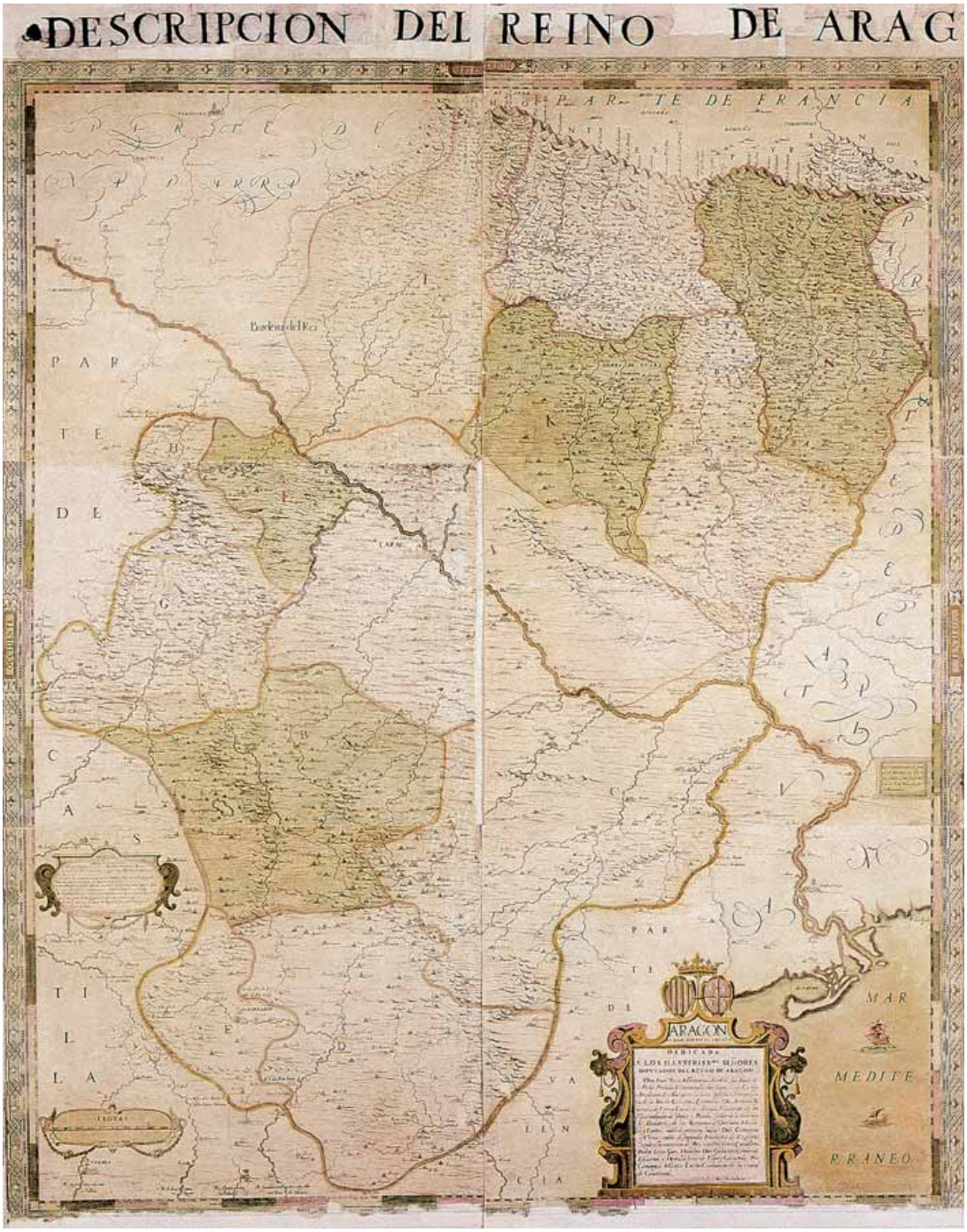
sores, prolongándose la esbozada trayectoria. Muchos negocios cartográficos florecieron en diversas provincias europeas no ibéricas de la Corona hispana, pero su relato escapa a los objetivos planteados. Productos comerciales, los mapas y atlas impresos en Flandes solían estar profusamente decorados, describir la hidrografía básica e incluir una grosera y parcial representación del relieve. Múltiples efectos de reclamo, hasta personajes vistiendo a la usanza del lugar y época, le añadían valor económico.

29 A. Hernando (1995), p. 241. Sobre cartografía impresa, en general: R. W. Shirley (1987).

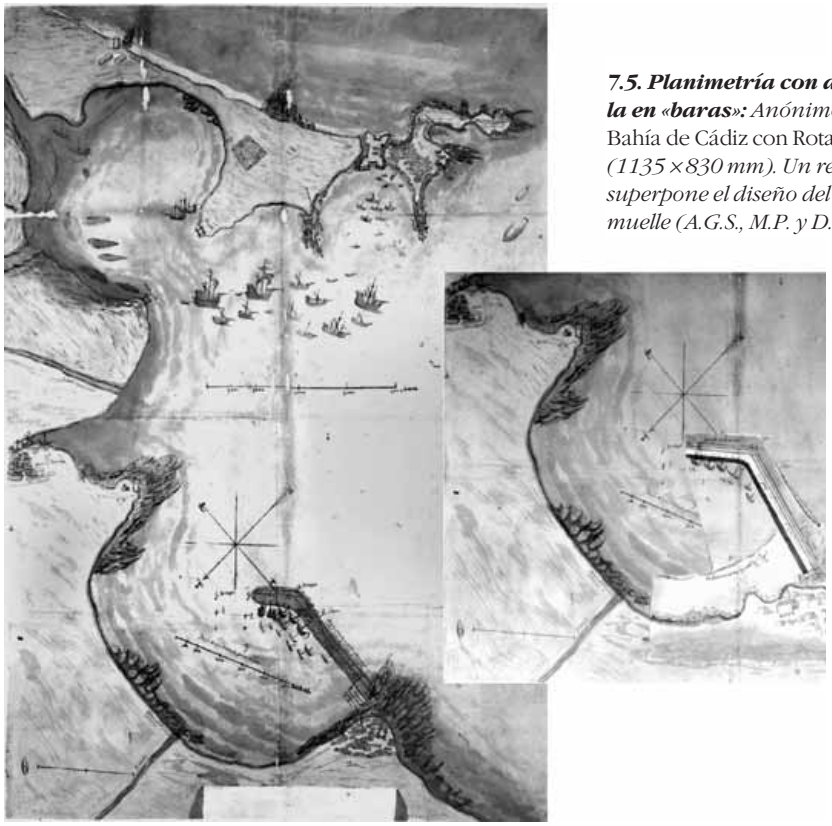
30 Facsímil por Ed. Singular, Madrid, 1994 (introducción de M.ª del Pilar Cuesta Domingo).

31 A. Paladini Cuadrado (1999), pp. 633-655, propone su atribución al cosmógrafo real Alonso de Santa Cruz.

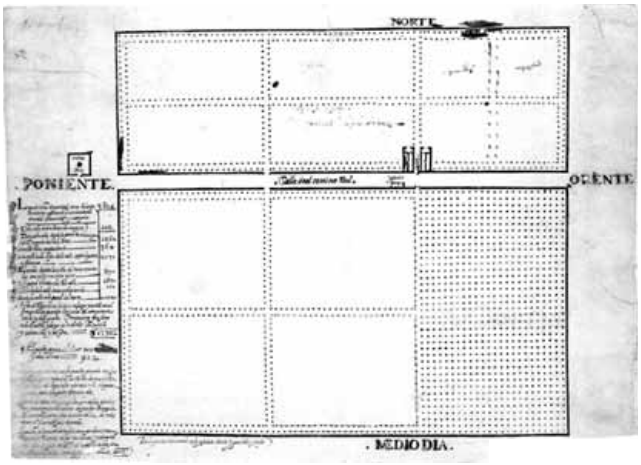
32 Se reeditó varias veces a lo largo de dos siglos. Quizás su primera edición en el extranjero sea la de Hondius-Mercator (Amsterdam, 1633).



7.4. Proyección cónica: Joan Bautista Lavaña (1619), **Reino de Aragón** *(110 × 93 cm). Grabado por Diego de Astor (discípulo de El Greco) en negro, coloreado a la aguada verde, sepia y carmín; impreso en Madrid. El original tiene pegadas a sus lados sendas columnas –aquí no reproducidas– con la* Declaración sumaria de la historia de Aragón para inteligencia del mapa*, redactada por Lupercio Leonardo de Argensola (Biblioteca Nacional).*



7.5. Planimetría con doble escala en «baras»: *Anónimo (1614),* Bahía de Cádiz con Rota y su muelle *(1135×830 mm). Un recortable superpone el diseño del nuevo muelle (A.G.S., M.P. y D. XXI-47).*



7.6. Planimetría despojada de figuraciones naturalistas: *Anónimo (h. 1577),* Plano de la viña [norte] y olivar [sur] del Quexigal*, en las proximidades de El Escorial (424×570 mm). Dibujo a pluma y punzón: tinta sepia, roja («todo lo que va de colorado es la yglessia venta y paredes y cassa guindalera higural») y verde (olivos), y aguada de rojo y verde sobre papel verjurado. Esquema planimétrico (no realmente a escala, pero aprox. 1: 2.400) y orientado, con dimensionamientos precisos en la larga nota explicativa (Biblioteca del Palacio Real de Madrid, Traza 1/55).*

recortables se adherían al documento. Así ocurre, por ejemplo en el *Diseño del muelle de Rota* (fig. 7.5), donde se reflejan el muelle viejo y el nuevo que se proyectaba. Como curiosidad, se puede apuntar que este poco ortodoxo espécimen es una suerte de mapa-plano, obtenido al simultanear una visión cartográfica de la bahía y otra planimétrica del muelle, mediante la coexistencia de dos escalas diferentes (en relación 1:5, aproximadamente): una para plasmar en conjunto la bahía gaditana y otra mucho mayor para una mejor definición del muelle.

En los planos topográficos renacentistas abundaban las decoraciones de carácter naturalista[33]. Por ello conviene resaltar las realizaciones donde la abstracción geométrica se lleva a niveles importantes. Así ocurre, por ejemplo, con el plano de la *Viña y olivar del Quexigal* (h. 1577), visión cenital pura (fig. 7.6).

El relieve: asignatura pendiente

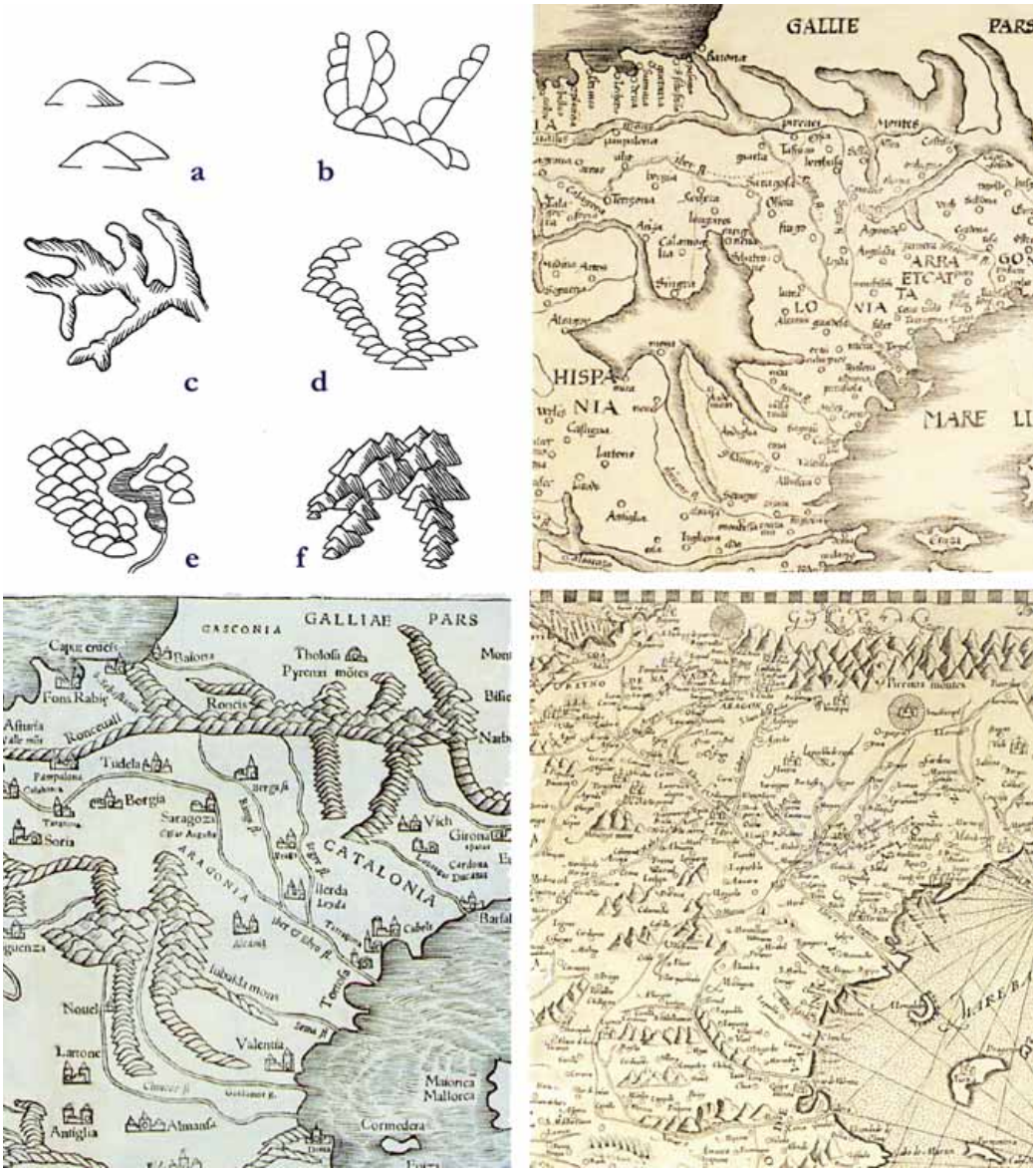
En la representación del relieve, de la orografía en particular, durante el Renacimiento no se alcanzó una madurez análoga a la planimétrica, por lo que no se puede hablar con propiedad de una topografía moderna[34]. Problema muy difícil, con vertientes geométrica (definición rigurosa cuantitativa) y plástica (imagen sugerente, en la que intervendrán colores y sombreados con su carga sicológica, o líneas para determinar el esqueleto y el contorneo de la representación), sólo se produjeron avances en la búsqueda de una representación «más realista» de las formas que adopta el terreno. En mapas con escalas pequeñas, lo que supone la representación de territorios muy extensos, no ha lugar la realización de representaciones realistas. Para evitar amontonamientos es necesaria la abstracción, frecuentemente la magnificación y el desplazamiento de singularidades próximas, perdiéndose cualidades métricas. La representación del relieve tendrá sentido en mapas corográficos o topográficos, relativos a espacios regionales o a emplazamientos urbanos, principalmente.

Para empezar, la altimetría era difícilmente abordable en ausencia de instrumentos adecuados, pero las dificultades eran previas. Tres hechos destacables son: (1) el relieve no exhibe la regularidad de formas que suele haber en los levantamientos y proyectos de edificios o de máquinas; (2) su representación supone la plena integración de la tercera dimensión; y (3) la observación de las cadenas montañosas se reducía a la contemplación de paisajes, predominando los perfiles.

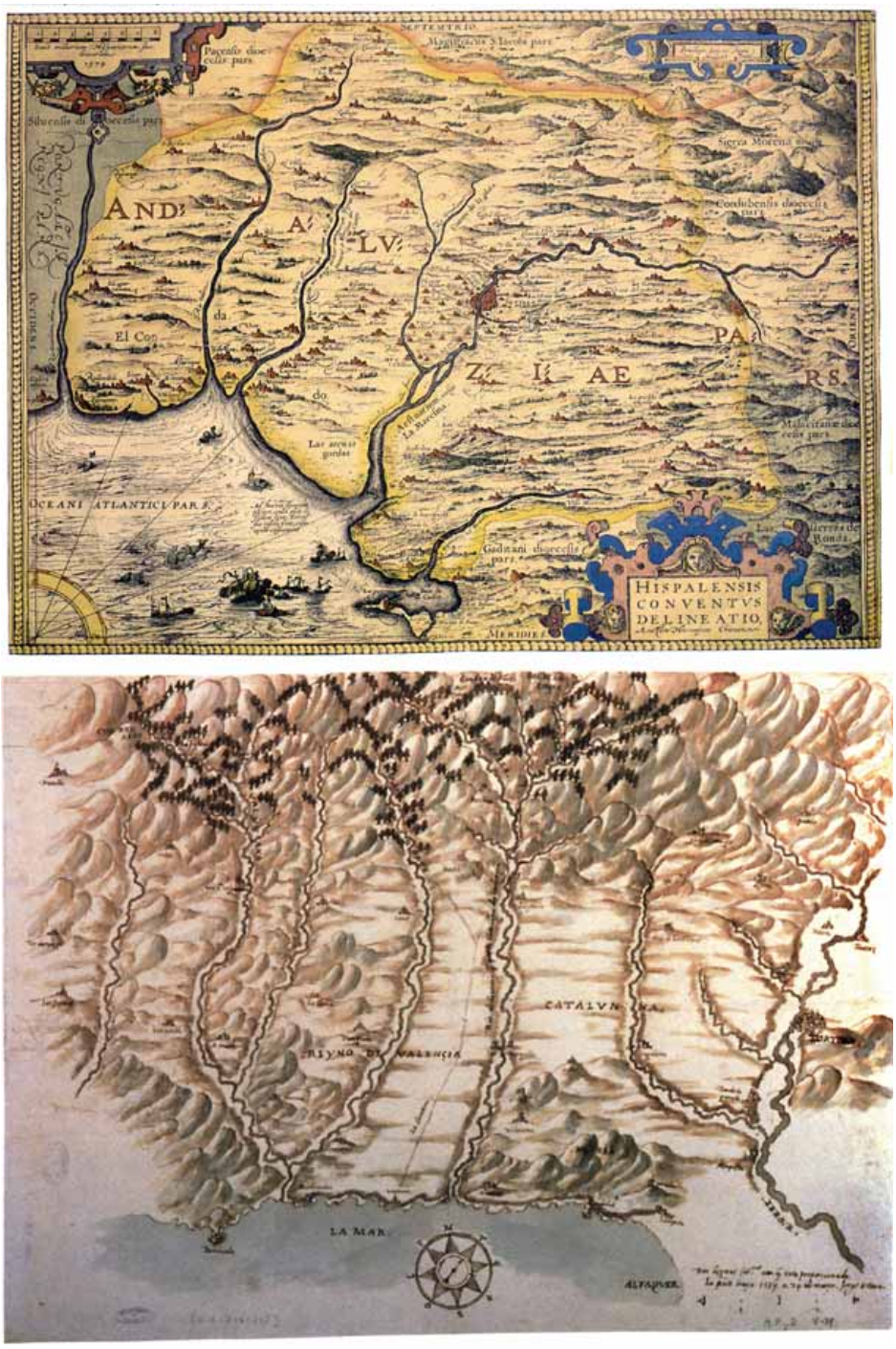
En la cartografía altomedieval, las montañas se figuran simplemente con perfiles abatidos (fig. 7.7.1). En las representaciones más primitivas se adoptan perfiles a modo de toperas, normalmente individualizadas; después, como si se tratara de hileras de piedras, ya con frecuentes solapes. La degeneración propia de los procesos de copiado hace que las filas de iconos se solapen por completo fundiéndose y

[33] Monografía sobre imágenes rurales, aunque no se recogen realizaciones españolas: D. Buisseret (1996).

[34] E. Imhof (1982), cap. 1; A. Paladini Cuadrado (1991); A. Blázquez (1910).



7.7. Representaciones simbólicas de la orografía: *(1) esquemas medievales [a-e] y renacentista [f], según* Imhof, *1982; (2-4) Cuadrante noroeste español en la cartografía impresa del Quinientos, según mapas «nuevos» de la* Geografía *de Ptolomeo editados por M. Servet (Lyon, 1525) y S. Munster (1540), y el impreso por P. Ligorio (1559), sobre la base del mapa mural dibujado por Paletino Consulensis.*



7.8. Corografías: *(1) Jerónimo de Chaves (1578):* Conventus Hispalensis Delineatio *(grabado al cobre, coloreado a mano con fines puramente decorativos). Publicado en el* Teatrum Orbis Terrarum *de A. Ortelius; (2) Jorge Setara:* Montes de Valencia *(1589). Acuarela sobre papel en tamaño folio, orientada al oeste (A.G.S., M.P. y D. V-79, G.A. leg. 246-282).*

dando lugar a suertes de ríos de fango, a veces coloreados en marrón o en verde. Ya en el siglo XV las representaciones se ordenan más o menos linealmente, con formas acordonadas; es el comienzo de la estructuración en la representación de la orografía. La superposición de iconos montuosos, aunque manteniendo sus identidades, da lugar a formas escamosas (como ocurre en los portulanos mallorquines). Muchos de estos esquemas se plasman también en mapas impresos del XVI. No obstante, a veces las cadenas montañosas reflejadas se justifican tan sólo en tanto que delimitadoras de cuencas hidrográficas. En otros casos fueron puestas simplemente para decorar.

Ante la desmedida cantidad de datos necesaria para definir geométricamente el relieve, en el camino hacia representaciones más realistas se parte de la distribución de imágenes pictóricas abatidas, perspectivas parciales según direcciones varias, sin correspondencia cuantitativa entre las altitudes gráficamente reflejadas y las existentes. Pero el problema de los perfiles abatidos es el de las ocultaciones que generan. Con objeto de reducirlas y de armonizar el conjunto, el punto de vista se va unificando, elevando y alejando[35].

Ese realismo gráfico ambicionado lleva a representaciones con perfiles «naturales» diferenciados, modulación de alturas y anchuras, e incluso diferenciación de laderas en iluminadas y sombreadas[36]. Son intentos de evocar formas del paisaje, siempre con carácter escenográfico. Así ocurre con un mapa de Baviera (1568) del cartógrafo alemán Philipp Apian (1531-1589), obra maestra de la «topografía» renacentista. Graduado en longitud y latitud, supone una figuración perspectiva elevada (desde unos 45°), visualizando la hidrografía básica, masas boscosas y poblamientos. En España, un excelente ejemplo de este tipo de ilustración es el *Hispalensis/Conventvs/Delineatio* (fig. 7.8.1). De bella factura, con escala miliaria pero sin graduación en coordenadas geográficas, el entorno náutico del cartógrafo aflora a través de los rumbos dibujados y la profusa decoración de la pequeña zona marítima que aparece reflejada. Aunque de intención «foto realista», el relieve sólo se puede leer cualitativamente, pues de lo contrario las cumbres de la Sierra Morena tendrían del orden de 10.000 metros de altura.

Como contrapunto al comercial mapa de Chaves se puede mencionar el de los *Montes de Valencia* (1589) de Jorge Setara (fig. 7.8.2), ingeniero militar y anteriormente cosmógrafo imperial. Muestra parte de la la costa levantino-catalana, fruto de un viaje-inspección a los bosques reales de Acenias y Valdanera. Un maestro de las atarazanas de Barcelona debía evaluar la calidad de las maderas y Setara informar

35 De este modo, se llega al uso de proyecciones oblicuas cuasi-paralelas, también de antiquísima raíz, y finalmente a las cenitales.

36 A. Paladini Cuadrado (1991), p. 14, observa que con cierta frecuencia la iluminación solar es desde el noreste, disposición habitual para la iluminación de los dibujantes en su trabajo, pero imposible los territorios al norte del trópico de Cáncer, en Europa en particular.

sobre «el sitio y la disposición que habrá para hacer carretera o carreteras en caso de que la dicha madera fuera buena a satisfacción para fábrica de galeras o otros bajeles de alto bordo y a qué partes de la Marina será más fácil de llevar». Graduado con escala en leguas catalanas, refleja los bosques[37], los ríos, las montañas, los caminos de interés y las principales poblaciones.

De mayor escala, precisión y calidad gráfica es el mapa del *Valle de Arán* (fig. 4.6) que se debe a la mano de Tiburzio Spannocchi. Realizado con objeto de evaluar la defensa del Pirineo, tras las llamadas «alteraciones de Aragón», muestra pitipié y cartela con información geográfica, así como explicación de códigos cromáticos.

En síntesis, las mejoras en la representación del relieve se limitan a perfeccionar la expresión plástica mediante figuraciones evocadoras, marcándose una evolución desde representaciones meramente icónicas a «realistas», pero no hay progresos sustanciales en la expresión gráfica rigurosa de la geometría, de la que a veces sólo se apuntan circunstancias puntuales en forma cualitativa o, en el mejor de los casos, se anotan cotas de diversos puntos relevantes. Por ejemplo, la *Prospectiva de Maçarquivir* (fig. 11.12), es «traza que va en perspectiva por mirar mejor el relieve», al decir de Vespasiano Gonzaga; debida a Juan Bautista Antonelli (1574)[38], se menciona la existencia de un «padrastro», lugar alto que amenaza la fortificación. De hecho, la sinusoidalidad de los caminos evoca una importante orografía.

Debida a Cristóbal Antonelli (1580), la fig. 4.7 presenta la planta del Puerto de Los Alfaques y alrededores. Más preocupado por la línea costera, la hidrografía y la disposición del sistema defensivo, el relieve (en cordón), los edificios (particularmente, las torres defensivas) y la vegetación se tratan mediante el tradicional recurso de abatir perfiles notoriamente magnificados. Merced al color se figura un mar bastante espumado batiendo dique y playa. En algunos casos, en un mismo mapa se superponen a veces vistas desde distintos puntos, frecuentemente desde direcciones opuestas, representaciones que hoy quedan entre lo pictórico y lo pintoresco. Por ejemplo, en el plano sobre Los Alfaques de Tortosa (1585; AGS, M y P, VII-63) se muestra el sistema defensivo del delta de Ebro con diversas torres abatidas cuasi-

[37] En E. Bauer Manderscheid: *Los Montes de España en la Historia* (Fund. Conde del Valle de Salazar, Madrid, 1991, pp. 561-562) se recoge la relación escrita (AGS, ms. Sección de Mar y Tierra, legajo 246, fol. 281). En estos montes había «gran cantidad y numero de árboles de pinos de tres suertes que de ordinario llaman pinos gentiles, melosos y bordes, y los del primer género solos son los que sirven y son buenos para fabrica de galeras», pero no se diferencian las especies en el mapa, sino solamente en la relación adjunta. Pintada con gracejo, la representación de las masas forestales pudiera inducir a la «contemplación de abetos».

[38] Archivo General de Simancas (AGS), M.P. y D. VII-103, de 420 × 572 mm. Mazalquivir (*Mers-el-Kébir*, el gran puerto), *Portus Divinus* para los romanos, en el golfo de Orán, se encuentra al pie del Yébel-Murdjajo. El mapa carece de orientación y escala.

centrípetamente, como para leerlo sólo desde el este o del oeste[39], aunque la montuosidad está vista desde el oeste.

Incluso una visión cenital pura puede ser insuficiente para transmitir información sobre la realidad orográfica. Hoy se suelen construir expresiones plásticas cenitales sugerentes combinando sombreados (bien normalizados en anchura y separación, según las pendientes, o bien respondiendo a iluminaciones oblicuas, para las que hay que definir la ubicación del foco luminoso, por ejemplo) y tintas especiales que responden a determinados códigos altimétricos (bien espectral modificada o bien de luminosidad creciente con la altura, por ejemplo)[40].

En resumen, la evolución en la expresión del relieve durante el siglo XVI, y hasta avanzado el XVIII, fue esencialmente plástica, mejorándose el realismo paisajístico al tiempo que se elevaba el punto de vista, más que en la definición rigurosa de la geometría. A veces, en algunos levantamientos se llegaba a perspectivas cenitales. A partir del XVII se irán considerando conjuntos densos de puntos acotados (técnica problemática por la ausencia de estructuración), líneas estructurales (aproximación poliédrica del relieve), líneas de máxima pendiente (con efectos inducidos sobre el sombreado) y curvas de configuración horizontal del terreno (precedente de las proyecciones horizontales de las curvas de nivel, también denominadas altimétricas, hipsométricas o hipsoisas[41]; de profundidad, batimétricas o isobatas en el caso de que se encuentren en fondos lacustres o marinos).

III

Apunte sobre sistemas de representación volumétrica: de la perspectiva cónica y las proyecciones cilíndricas

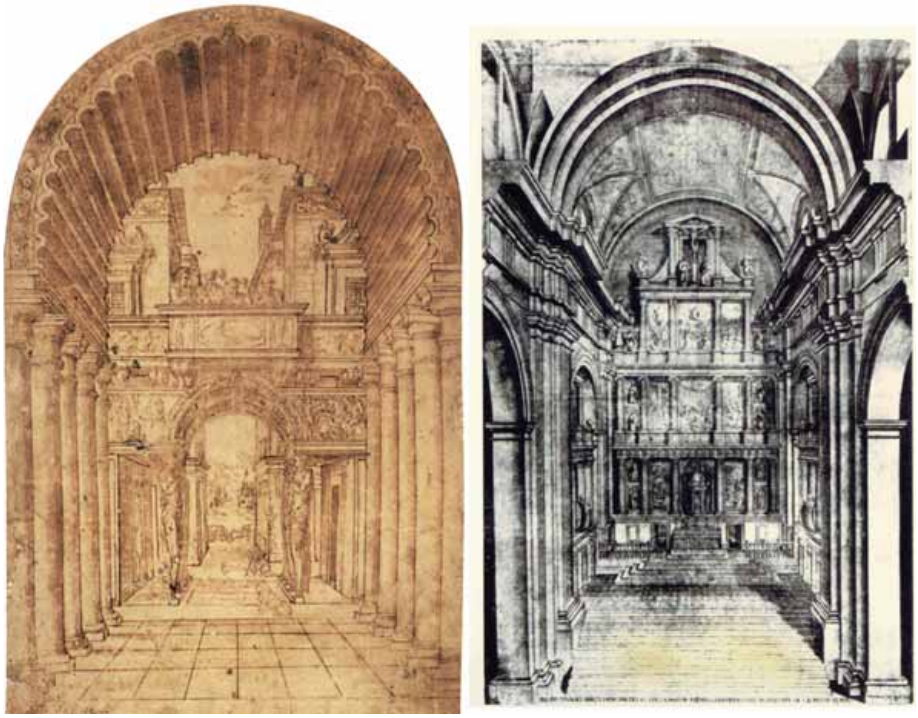
Al hablar del relieve se ha planteado el problema de la representación de volúmenes. Por ello, conviene recordar ahora algunas proyecciones geométricas pensadas para plasmarlos.

Si en el ámbito general del dibujo hubiera que señalar una contribución sustantiva del Renacimiento, muy probablemente la respuesta más frecuente sería la *pers-*

[39] Lo que no es necesario por ser un dibujo relativamente pequeño, de 283 × 625 mm (AGS, M.P. y D. VII-63). Acuarela en color y con algo de sombreado en las montañas (iluminadas desde el nortenoroeste), las tierras bajas del delta en blanco, su leyenda ha de ser leída, esencialmente, desde tierra.

[40] Para una amplia visión de conjunto, véase E. Imhof (1982).

[41] A. Blázquez (1910), tras una visión histórica de la representación del relieve en los mapas, presenta el de Chuquimayo (Cajamarca, Perú) del capitán Diego Palomino (1549), cuyos trazos sinuosos con inflexiones análogas a las hipsométricas del terreno se pueden tomar como curvas de nivel figuradas o aproximadas, precedente de las curvas de nivel, que estarían disponibles un cuarto de milenio después.



7.9. Perspectivas con un punto de fuga: *(1) Diego de Siloé (¿posterior a 1550?),* Perspectiva escenográfica *(399 × 256 mm): tinta y aguada sepia sobre papel (M.N.A. Cataluña, CDG 107 786/D); (2) Juan de Herrera-Pedro Perret (1598),* Capilla Mayor de El Escorial*: grabado en cobre.*

pectiva lineal o cónica, convención artificial con la que, desde un punto de vista dado, se puede representar el aspecto tridimensional de escenas u objetos, sobre una superficie plana. Profusamente utilizada en la pintura, permitió romper con los paradigmas pictóricos medievales, posibilitando una «forma realista de ver» el espacio tangible[42]. No se pretende exponer los fundamentos científicos ni las implicaciones de esta aportación[43]. Sin embargo, se ha de precisar que la representación exhibe distorsiones angulares y dimensionales en función del objeto, el plano del cuadro (de visualización) y el posicionamiento relativo del punto de vista. Así, los planos paralelos al de proyección no se deforman, aunque en función de la lejanía se reduce su tamaño. Si se representa un paralelepípedo dispuesto con una de sus caras paralela-

[42] Entre otras consideraciones sobre su carácter aproximado, se debe recordar que la retina tiene una forma cóncava, por lo que se plantea un problema análogo al de la representación plana de la superficie terrestre: no existe una proyección que reproduzca la imagen retiniana sin deformaciones. Por otro lado, las imágenes que percibimos pasan por el complejo procesamiento que realiza la mente.

[43] Aspectos complementarios pueden verse en L. Wright (1985), E. Panofsky (1995) y H. Damisch (1997).

mente al plano del cuadro (perspectiva frontal o paralela), aparece un punto de fuga en el que convergen las aristas ortogonales al plano (fig. 7.9). Si es sólo un eje (cuatro aristas) el que es paralelo al plano del cuadro, todas sus paralelas lo seguirán siendo y en la representación aparecerán dos puntos de fuga (fig. 7.10.1). Si ninguna arista es paralela al plano del cuadro habrán tres puntos de fuga.

Quizás conocida en la Antigüedad Clásica, e intuitivamente utilizada en el medioevo[44], la comprensión geométrica de la perspectiva cónica comienza a formularse en la Italia del primer Renacimiento[45]. El arquitecto e ingeniero florentino Filippo Brunelleschi (1377-1446) sentó las bases entre 1417-1420, y diversos pintores aplicaron el nuevo saber, cuyo uso y perfeccionamiento en el ámbito de la arquitectura y la ingeniería encuentra en el siglo XV nombres tan relevantes como Antonio Averlino Filarete (ca. 1400-1469), Leone Battista Alberti (1404-1472)[46], Francesco di Giorgo Martini (1439-1502), Donato Bramante (1444-1514), Rafael Sanzio (1483-1520), Giuliano da Sangallo (h. 1445-1516), Leonardo da Vinci (1452-1519) o Alberto Durero (1471-1528).

Dentro de la amplia bibliografía del siglo XVI sobre perspectiva[47], el primer texto impreso es *De artificiali perspectiva* (Toul, 1505), de Jean Pélerin *le Viator* (h. 1435-1524), en el que se establecen los *tiers points* (punto de fuga central y diagonales), lo que le permite trazar edificios no paralelos al plano del cuadro. Cerrando el siglo, Guidobaldo del Monte (1545-1607), en *Perspectivae libri sex* (1600) da un paso significativo para su comprensión geométrica[48].

Empleando la perspectiva cónica se representan hasta tres de las seis caras del paralelepípedo; sin embargo, el realismo obtenido tiene un alto precio: áreas, ángulos y distancias no se preservan en la representación; de hecho, la escala es continuamente variable. Percepción *versus* realidad, circunstancia *versus* esencia... Por eso, en su *De re aedificatoria* (1443-1452)[49], Alberti plantea categóricamente que las perspectivas son técnicas gráficas para los pintores, no para el dibujo arquitectónico.

---

[44] Villard de Honnecourt, al tratar de «copiar la realidad», produce perspectivas cónicas ingenuas (v. R. BECHMANN, 1993; A. ERLANDE-BRANDENBURG *et al*., 2001).

[45] A pesar de su complejidad operativa, su fidelidad al reproducir la realidad le hizo objeto de estudio riguroso y sistemático unos tres siglos antes que para el diédrico.

[46] En 1435 escribió en latín (en 1436 apareció en italiano) *De Pictura,* primer tratado en el que se teoriza sobre la perspectiva cónica o lineal, y que marca la historia del arte renacentista.

[47] En un contexto arquitectónico, véase: D. WIEBENSON (1988), epígrafe III-B, p. 199 y ss.

[48] En particular, muestra que para cada conjunto de paralelas que corte al plano del cuadro existe un punto de fuga específico. Con ello, a partir de una planta, determina sistemáticamente el punto de fuga de un conjunto de paralelas horizontales: es la intersección de la que pase por el punto de observación con el plano del cuadro; de este modo se pueden trazar fácilmente multitud de formas poliédricas complejas.

[49] Lib. II, cap. I, traducción al castellano y comentario en Ed. Akal, Madrid, 1991.

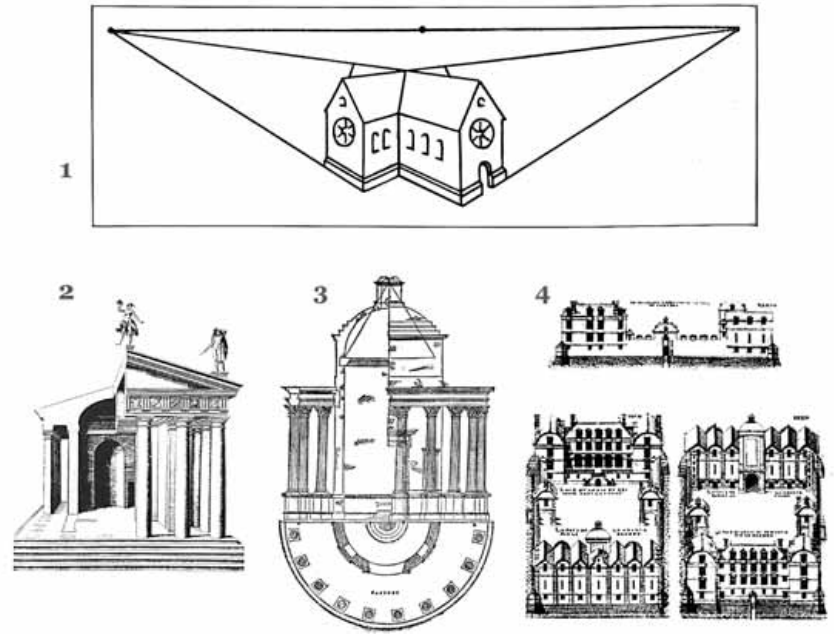
Una forma de reducir deformaciones es alejar el punto de vista, ya que con la distancia los rayos del cono se van «paralelizando». Si el punto de observación se distancia hasta el infinito, la perspectiva cónica o lineal se transforma en *proyección cilíndrica o paralela* (los rayos visuales se tornan paralelos y todo paralelismo en rectas se mantiene en la proyección). Se podrán seguir representando hasta tres caras de un paralelepípedo, pero se introduce un rasgo técnico fundamental: las direcciones definidas por los tres ejes se tornan mensurables, eventualmente cada una con una escala diferente pero válida en todo el dibujo, es decir, independientes de la ubicación del objeto en el mismo[50]. Por consiguiente, los objetos serán más fáciles de dibujar y, en cierto sentido, de leer. Los dos tipos básicos de proyección cilíndrica, ambos presentes de forma intuitiva en el Renacimiento[51], se distinguen por su ortogonalidad u oblicuidad con respecto al plano de proyección. A partir de este punto no existe unanimidad en las denominaciones. A veces, toda proyección cilíndrica o paralela se denomina *axonométrica* (i.e., con ejes medibles), pero es muy frecuente un sentido más restringido, en el que se circunscribe la denominación *axonométrica* a la proyección cilíndrica *ortogonal* sobre un plano desigualmente inclinado con respecto a los tres ejes principales del objeto a representar. Según los valores de los dos ángulos que definen la inclinación del objeto con respecto al plano, se tienen proyecciones *trimétricas* (las más complejas; cada eje tiene un coeficiente de reducción distinto), *dimétricas* (dos coeficiente de reducción, uno válido para dos ejes) o *isométricas* (por simetría, los tres ejes se presentan a 120° y tienen idéntico coeficiente de reducción, 0.816)[52].

Entre las *proyecciones oblicuas* cabe mencionar la *caballera* y la *militar*. Las primeras las utilizó magistralmente Leonardo da Vinci, las segundas Francesco di Giorgio en sus *Trattati di architettura, ingegneria e arte militare*. En esencia la misma, difieren por la disposición del plano de proyección: en la caballera se toma vertical, mientras que en la militar es horizontal. En otros términos, en el primer caso se preserva el alzado (se asemeja a una observación frontal, desde una lejana coli-

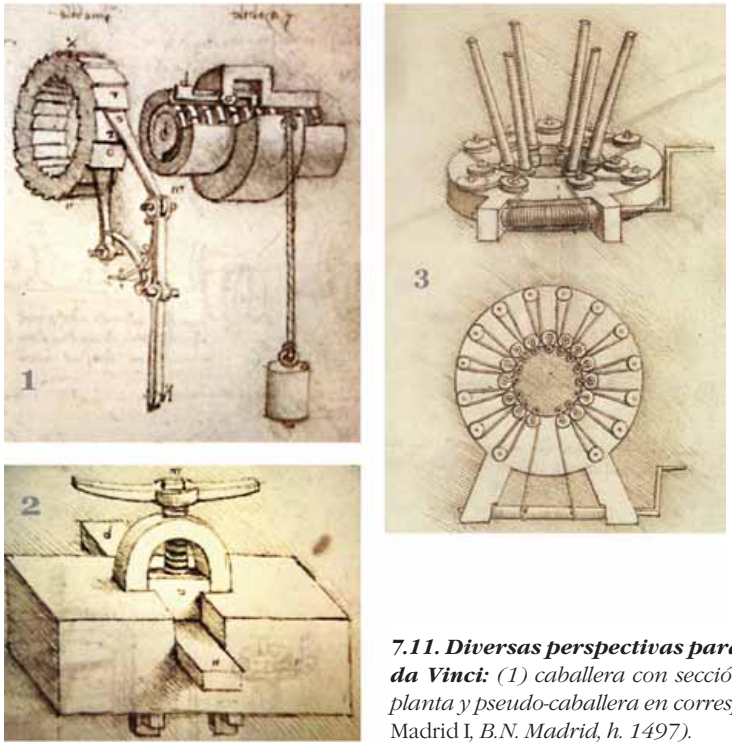
[50] Las proyecciones paralelas producen atmósferas relativamente sosegadas, contemplativas, en espacios no jerarquizados por el cerca y el lejos; las perspectivas cónicas se prestan mejor a expresar cierta dinamicidad y realismo. Frente a la ilusión *óptica* que provoca la perspectiva cónica, la paralela proporciona un efecto *visual* (v. J. Krikke: «Axonometry: A Matter of Perspective», *IEEE Computer Graphics and Application*, July/August, 2000).

[51] Con precedentes en civilizaciones orientales antiquísimas, aproximaciones son observables en la tradición de algunos dibujos de maestros góticos, como Villard de Honnecourt.

[52] En realidad, al igual que existen representaciones de una superficie esferoidal que no son perspectivas, existen proyecciones isométricas que sólo se pueden describir mediante transformaciones matemáticas. De este modo, preservando las escalas en los tres ejes, a veces se emplean isometrías con ángulos entre los ejes que difieren de los 120° mencionados. Igual consideración cabe con respecto a las representaciones dimétricas y trimétricas. La formalización de la perspectiva isométrica se debe al reverendo W. Farish (1759-1837), presidente de la Cambridge Philosophical Society: «On Iso-metrical perspective» (1820).



7.10. Madurez gráfica: *(1) Perspectiva con dos puntos de fuga, «cornuda», según Jean Pélerin le Viator, en* De artificiali perspectiva *(1505), primer libro impreso sobre el tema; (2) A. Labacco (1554), Perspectiva cónica seccionada; (3) A. Palladio (1559), Tríada planta-alzado-sección (expresión supracompacta gracias a la fuerte simetría); y (4) J. A. Du Cerceau (1576), Perspectiva oblicua militar.*



7.11. Diversas perspectivas paralelas por Leonardo da Vinci: *(1) caballera con sección; (2) caballera; y (3) planta y pseudo-caballera en correspondencia (*Códice de Madrid I, *B.N. Madrid, h. 1497).*

na), mientras que en el segundo se mantiene la cubierta arrojándose un perfil análogo al de una sombra (como si se observara desde un globo aerostático o pájaro a gran altura). En ambos casos, la reducción dimensional en la representación del eje perpendicular al plano de proyección es arbitraria.

En las definiciones más restrictivas de la *proyección caballera* se emplea un ángulo de fuga de 45° (o sus múltiplos), mientras que para el eje perpendicular al plano de proyección se suele adoptar un coeficiente de reducción de 1/2 (o 2/3), con objeto de dotar de verosimilitud a esas vistas «físicamente imposibles»[53]. En la *proyección militar*, de uso frecuente en topografía, lo fundamental es preservar las plantas de los objetos y el coeficiente de reducción suele ser de 1/3 o 1/4. Si los ángulos de fuga son múltiplo de 90° y no existe reducción, se puede hablar de *proyección caballera-militar*, que combina proyecciones de los alzados y plantas (a nivel del cubrimiento) en verdadera magnitud, lo que puede producir importantes oclusiones.

Una sola proyección no permite definir un objeto, ya que como máximo se verán tres caras contiguas de un paralelepípedo. Por ello se ha de recurrir a vistas complementarias, desde otros puntos. Proyectando ortogonalmente sobre planos ortogonales entre sí, se llega al sistema diédrico. En su forma básica se emplean la planta (horizontal) y dos alzados (frontal y lateral). Obviamente, si el objeto tiene simetrías importantes se pueden compactar las proyecciones (fig. 7.10.3); si, por el contrario es muy complejo, pueden llegar a hacer falta otras auxiliares. Para vislumbrar detalles de su interior puede ser fundamental la idea de sección o corte (a veces, vista fantasma). Andrea Palladio, en *I quattro libri dell'architettura* (1570), usó de forma sistemática representaciones en correspondencia de planta y alzado, y las secciones (a veces, con sombras y texturas), pero nunca la perspectiva albertiana (lineal o cónica). Para el dibujo técnico, la introducción de la tríada planta-alzado-sección, tema sobre el que se volverá posteriormente, es quizás la más importante contribución renacentista.

Prueba de la disponibilidad en el siglo XVI de los sistemas de proyección mencionados es el libro del arquitecto y dibujante J. A. du Cerceau *Les plus excellents bastiments de France* (París, 1576-79): en función de las necesidades, emplea casi todos los utilizados en su tiempo. Una síntesis innovadora de los fundamentos científicos de las proyecciones cónicas aparecerán décadas después, gracias al ingeniero y matemático Gérard Desargues (1591-1662), en su obra *Brouillon project d'une atteinte aux événements des rencontres du Cône avec un Plan* (París, 1640). El trabajo definitivo para la comprensión de las proyecciones paralelas y ortogonales llegará con Gaspard Monge y su *Geometría Descriptiva* (París, 1798).

---

53 «Visibles» desde el infinito. En las proyecciones caballeras dos ejes mantienen idéntica escala en el plano. Por consiguiente, en su sentido etimológico más amplio, son dimétricas (sólo dos medidas o escalas diferentes, según los ejes).

Lo mencionado es aplicable tanto a la representación de edificios como a la de máquinas (fig. 7.11) o a la del territorio. Según la elevación angular del punto de observación, empleando la perspectiva cónica, las vistas corográficas se pueden agrupar en:

- *Perfiles o panoramas,* en los que, ignorándose la planta, se supone al espectador situado sobre el terreno (o ligeramente elevado); emplean un plano de proyección casi vertical.
- *Vistas oblicuas*, con inclinaciones intermedias. Cuanto mayor sea, menos oclusiones se producen, lo que en el caso de vistas urbanas permite mejorar la percepción del entramado callejero. Dentro de una significativa confusión terminológica, se suelen distinguir: *vistas caballeras* si la elevación es «pequeña» (hasta unos 30°, típicamente unos 15°)[54]; *vistas a vuelo de pájaro* (30-60°, por lo general unos 45°) y *vistas en perspectiva o cartográficas* (60-80°). Con frecuencia las vistas oblicuas utilizan puntos de observación inaccesibles, proyectándose el contenido sobre un plano más o menos inclinado. Las vistas oblicuas suelen responder más a aproximaciones empíricas que a medidas rigurosas con instrumentos topográficos, aunque ello no sea excluible.
- *Planos cenitales o vistas icnográficas* (90° de elevación), en las que se describe la planta empleando planos horizontales.

Si se supone el punto de observación muy lejos (en el infinito), el cono de observación se «paraleliza» y las vistas corográficas se transforman en *alzados, proyecciones oblicuas militares* (a vuelo de pájaro o cartográficas) y *proyecciones icnográficas*, respectivamente. Desde el Renacimiento se emplearon los sistemas de representación mencionados, con rigor y coherencia notables. El paso de la abstracción geométrica al realismo pictórico, reflejando verosímilmente la espacialidad, requiere la incorporación de diversas variables gráficas (figuras, texturas, luces y sombras, color)[55], importante tema sobre el que sólo se harán referencias tangenciales.

IV

Corografía urbana. Perfiles, vistas y planos: entre la cartografía y la escenografía

Entre la ciencia y el arte, las descripciones coro-topográficas tuvieron valor tanto en la dimensión política como en la socio-cultural. En esta sección se introducirán algunas de sus variantes en ámbitos urbanos. Se presentarán realizaciones de maestros de obras y agrimensores, de dibujantes-pintores «topógrafos» y de inge-

[54] Conviene no confundir esta acepción de vista caballera (una perspectiva cónica con pequeña oblicuidad, cuasi-perfil) con la de proyección caballera (un tipo de proyección paralela), particularmente en su versión más restrictiva de ángulo de fuga de 45° y 0.5 coeficiente de reducción.

[55] Por ejemplo, J. Sáinz (1990), cap. 7.

nieros, sean civiles o militares[56], imágenes descriptivas realizadas por razones muy diversas desde obras o pleitos civiles a la mejora de la defensa.

Las colecciones impresas de mapas y vistas de ciudades tuvieron un enorme éxito comercial entre nobles, burgueses e intelectuales. Sin embargo, en el caso hispano, el aporte de las prensas fue muy débil. Por otro lado, existió una importante proporción de imágenes de ciudades que no pretendían tanto realizar una descripción realista como reflejar «su espíritu», normalmente con un fuerte valor simbólico-religioso[57]. En las vistas corográficas, los objetivos básicos fueron la precisión y la completitud, si bien esta disciplina se consideraba más negocio de pintores que de científicos, a los que se suponía interesados por la geografía, de nivel conceptual superior. En cualquier caso, las diferencias entre las corografías de los ingenieros militares (claras, contenidas en el empleo de recursos gráficos, fidedignas e informativas) y las demás, en particular las impresas, son importantes.

Entre los perfiles, más arquitectónicos que corográficos, se pueden recordar los del zaragozano castillo de la Aljafería dibujados por Spannocchi (fig. 4.12)[58]. Fuera de nuestras fronteras hubo una numerosa y excelente producción de perspectivas oblicuas y planos, tanto en Italia como en centroeuropa. Perspectivas ligeramente oblicuas las hay, por ejemplo, en el *Liber Chronicarum* de Hartmann Schedel (Anton Koberger, Núremberg, 1493). De calidad muy diferente, a pesar de ser medio siglo posteriores, son las relativas a ciudades como Toledo, Sevilla, Granada o Lisboa en el mencionado *Libro de Grandezas y Cosas Memorables de España,* de Pedro de Medina (Sevilla, 1548).

Cuando prima un interés descriptivo no militar, los elementos más relevantes (catedrales, fortalezas, palacios) se suelen destacar dibujándolos en proyección caballera y por consiguiente abatidos, favoreciendo visiones frontalizadas (frecuentemente resultado de un giro) y amplificadas. Para el resto de los elementos se suelen usar proyecciones axonométricas intuitivas, eficientes transmisoras de información. En el ámbito castrense, es frecuente que con los recursos estratégicos básicos (por ejemplo, las fortalezas) no se hagan concesiones estéticas y se represente rigu-

---

56 Se puede encontrar información sobre realizaciones españolas en R. L. Kagan (1986 y 1998), F. J. Martín Rodríguez (1986), A. Cámara Muñoz (1991 y 1994), B. E. Mundy (1996), C. J. Hernando Sánchez (2000), J. Ortega Vidal (2001), P. de Texeira (2001), F. Pereda y F. Marías (2002), F. Marías (2002), C. San Antonio Gómez y M. A. León Casas (2002). No centrado en el marco español, puede tener interés D. Buisseret (1996, 1998 y 2003).

57 R. L. Kagan: «*Urbs* and *Civitas* in Sixteenth- and Seventeenth-Century Spain», en D. Buisseret (1998), pp. 75-108; R. L. Kagan (1998). Las descripciones corográfico-arquitectónicas presentan la *urbs*, mientras que las más simbólicas tratan de reflejar la *civitas*, la comunidad que allí vive.

58 En este caso concreto, el ingeniero respeta el viejo palacio taifal, sacrificando la eficiencia militar, de acuerdo con lo que dictaban las normas del arte de la fortificación. Gracias a estos dibujos se pudo reconstruir hace unas décadas parte de la muralla medieval, tras la azarosa vida de tan singular edificio.

rosamente su planta. Si se desea dar idea de volumen, buscando la mayor coherencia entre la planimetría y los alzados, se suele utilizar la proyección oblicua militar, ya que preserva la geometría de las plantas (y azoteas-tejados). Sin embargo, los edificios aparecen escorzados, lo que a veces lleva a ensanchar las calles, para evitar solapes. En suma, en los planos cenitales se pretende compaginar planimetría y experiencia visual, obteniéndose el mayor rigor en la planta con las proyecciones oblicuas militares. En cualquier caso, la mezcla de tipos de proyecciones y de distintos puntos de vista es práctica corriente. El rigor funcional (cualitativo) y dimensional suele darse en los dibujos de los «técnicos», que a veces desenfocan o no matizan lo poco relevante. Entre los autores de vistas corográficas hay cartógrafos, ingenieros, arquitectos o maestros de obras, agrimensores y artistas, perfiles que al menos por parejas coexistían con frecuencia en una misma persona.

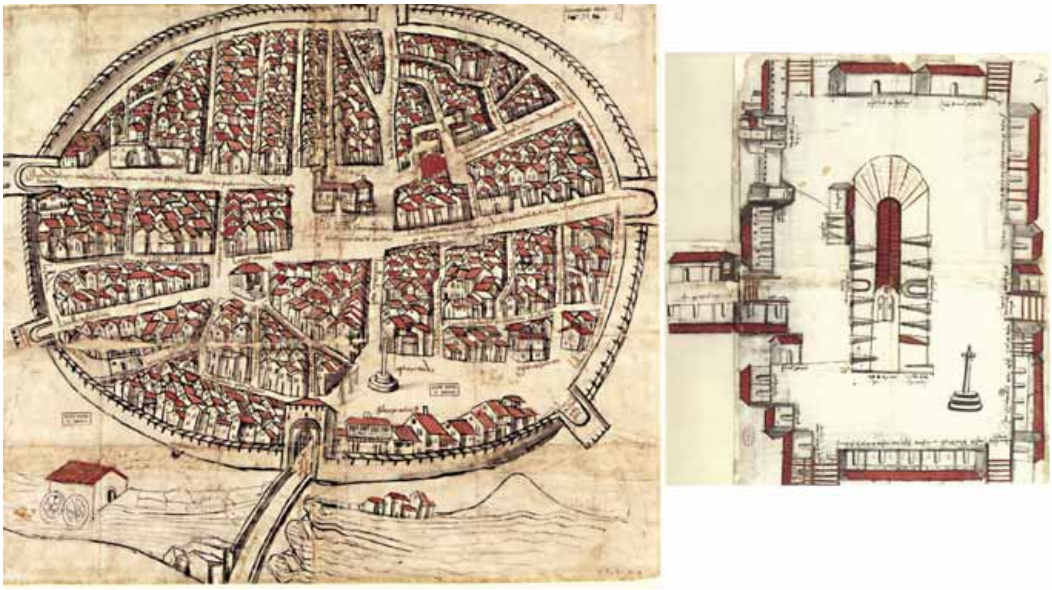
En las imágenes de Aranda de Duero y Bonilla de la Sierra (fig. 7.12) domina la planimetría, acusándose claros primitivismos, lo que les confiere indudable encanto[59]. Ambas fueron realizadas para resolver pleitos en el ámbito municipal. Son dibujos eficaces, sin adornos que distraigan la atención. En el primer caso, la descripción del volumen se consigue mediante abatimientos de los edificios (leídos con gran libertad en «perspectiva cónica»). El dibujo de la plaza de Bonilla de la Sierra, villa del obispado abulense, emplea predominantemente proyecciones oblicuas frontales. En ambos casos, se observa la disparidad de direcciones en lo que concierne a ciertos abatimientos y el empleo del rojo para los tejados. El empleo de abatimientos multidireccionales tiene a veces la misión de abrir espacios para que la zona planimétrica de interés quede despejada, aunque también se usa sin esa justificación, incluso en el ámbito militar.

Entre las vistas a vuelo de pájaro las hay aún pre-perspectivas, como una gaditana anónima (1513)[60] en la que, excluidas la muralla y catedral (muy amplificadas), los edificios de la zona central están representados como en planos superpuestos, gozando de una notoria cuasi-frontalidad, al tiempo que a otros edificios se les aplica una perspectiva pseudo-cónica. Con deformaciones geométricas significativas en la representación de la bahía, proporcionalmente de mucha más anchura, presenta un minimizado Puerto de Santa María «en planta».

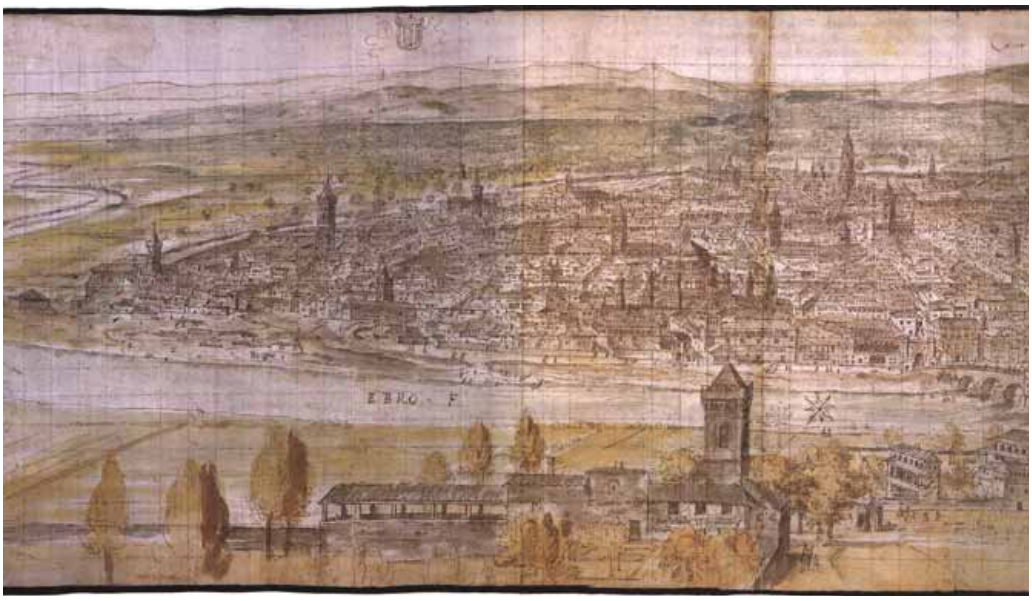
La vista de la fig. 7.13 pertenece a la más significativa colección de imágenes de ciudades españolas del Quinientos. Felipe II la encargó al más reputado «topógrafo urbano» del momento, al que nombró pintor de cámara: su súbdito flamenco Antón Van der Wyngaerde (Amberes, h. 1525 – Madrid, 1571). Interesado por la exactitud

[59] Técnicamente se encuentran en fuerte contraste con la planimetría de Imola, debida a Leonardo da Vinci (c. 1502), de una precisión y anticipación notables (440 × 602 mm). Una reproducción a gran formato se puede ver en L. RETI (1974), pp. 154-155.

[60] A.G.S., M.P.D. XXX-47 (585 × 415 mm), múltiples veces reproducida se puede ver, por ejemplo, en VV. AA. (2001), p. 352.



7.12. Planta y abatimientos *(tinta negra y aguadas sobre papel): (1) Anónimo (1503), plano de Aranda del Duero (528 × 598 mm; A.G.S., M.P. y D. X-1); (2) Anónimo (h. 1510), plaza de Bonilla de la Sierra (436 × 600 mm; Arch. Chancillería de Valladolid, P. y D. Carp. 20, n.º 29).*



7.13. Vista oblicua por Antón Van den Wyngaerde (1563)*:* Zaragoza *(detalle). Realizada desde la margen izquierda del río, la vista no era posible en la época.*

topográfica, Wyngaerde realizó setenta y dos soberbios dibujos (más múltiples bocetos y estudios, todo fechado entre 1562 y 1570) de ciudades y pueblos de España. Terminados en tinta sepia, la mayoría están coloreados a la acuarela, habiéndolos que sólo recibieron una aguada en azul. El infortunio no les permitió llegar a las prensas (iban a ser impresos en Amberes por Christoph Plantin), incluso aunque para algunos ya estaban realizadas las planchas para grabar, o redactados los textos que debían acompañarlo[61]. Las vistas conservadas son esencialmente oblicuas (entre unos 15° y 45°), siguiendo los cánones de la perspectiva cónica. En su mayoría «vistas desde puntos imposibles», son construcciones gráficas, tarea realizada a partir de bocetos de localización, levantamientos previos de tipo general e incluso apuntes de fachadas y calles. El rigor de la construcción hace de estos dibujos, técnicos a la vez que artísticos, una fuente importantísima para el estudio del urbanismo y la arquitectura de las ciudades representadas, aunque, a veces, para resaltar algún edificio significativo se tomaba la licencia de girarlo o amplificarlo. Esto ocurre, por ejemplo, en las vistas de Zaragoza y de Valencia con sus catedrales.

A modo de contraste, se pueden citar los grabados del *Civitatis Orbis Terrrarum* (1572-1617), singular colección de vistas urbanas editadas por Georg Braun y Frans Hogenburg, pensada para complementar el *Teatrum* de Ortelius. La mayoría de los dibujos de ciudades españolas se deben a Georg Hoefnagel (Amberes, 1542-1601) quien, además, recorrió Inglaterra e Italia para el *Civitatis*, obra que contiene ilustraciones de muy diferente tipo, planos incluidos. Mucho menos naturalistas que los de Wyngaerde, son dibujos de un «escenógrafo». Suele ubicar las ciudades en su entorno (fig. 9.14), incluyendo a menudo personajes ataviados con trajes locales, realizando tareas típicas (en las representaciones de ciudades como Sevilla, Conil-Jerez de la Frontera o Granada, por ejemplo, desborda el nivel de lo típico para caer en lo folklórico-anecdótico). Si los trabajos de Wyngaerde son un encargo del rey para disponer de descripciones precisas, el *Civitatis* es un producto comercial, que debió parte de su éxito a plegarse a la demanda de un mercado burgués y centroeuropeo.

Mención especial merece la cartografía generada por las conocidas *Relaciones Geográficas* (1578-85). La *Instrucción y Memoria de las relaciones que se han de hacer para la Descripción de las Indias*[62]*,* compilada por Juan López de Velasco por orden de Felipe II (1577), pedía describir

> el sitio y asiento donde los pueblos estuvieren, si es en alto o en baxo o llano, con la traça y designo en pintura de las calles, y plaças, y otros lugares señalados de monesterios como quiera que se pueda rasguñar fácilmente en un papel, en que se declare,

[61] Un completo conjunto de estudios y reproducciones en R. L. Kagan (1986).

[62] Son cincuenta cuestiones que pretendían sistematizar y complementar el conocimiento sobre los nuevos territorios. Por ejemplo, se recogen en G. Menéndez Pidal (2003), pp. 213-217.

7.14. Vista de pájaro anónima (1578), Tocuyo, ciudad y río *(500 × 960 mm). Tinta sobre papel (Real Academia de la Historia 9/4661, n.º 14).*

> que parte del pueblo mira al medio día o al norte y para puertos y desembarcaderos la figura y traça de ellos en pintura.

Se obtuvieron 191 respuestas[63], muchas con sugerentes mapas o vistas. La escasez de agrimensores y cartógrafos de formación europea dio lugar a una cartografía mestiza, de un interés histórico y etnográfico excepcional, ingenua, de gran poder evocador y muy variada. En algunos casos los dibujos se encuentran casi plenamente en la tradición ideogramática de los pueblos indígenas (por ejemplo, los de Misquiahuala, h. 1579, o de Teozacoalco, 1580); en otros se usa regla para trazar (como en los planos de Cholula, 1581, o de Huexutla, 1580), mientras que muchos son de estilo mixto[64]. Entre los mapas de «estilo europeo» se encuentran el de Yuririapúndaro, el de Meztitlán (por Gabriel de Chávez, 1579), que dibuja en vista oblicua un paisaje montañoso (puede recordar mapas corográficos de la época, por ejemplo de la Toscana o de los alrededores de Roma), así como el de Tocuyo (fig. 7.14). En la relación enviada desde este último lugar se explica que «se embía traza

[63] Se conocen cerca de 170. Básicamente se encuentran en el Archivo General de Indias (Sevilla), la Real Academia de la Historia (Madrid) y la Benson Latin American Collection (Universidad de Texas).

[64] La diversidad cultural puesta de relieve por muchos dibujos (se puede hablar de «encuentro cartográfico»), así como la insuficiente calidad técnica de la mayoría, hizo que López de Velasco, decepcionado, se desinteresara del proyecto de realizar un mapa del Nuevo Mundo. Como monografía sobre las trazas de México puede consultarse B. E. Mundy (1996); una perspectiva más amplia sobre la cartografía antigua hispanoamericana en R. L. Kagan (1998).

de este valle y pueblo, lo mejor que se ha podido declarar, en un papel». Obviamente no es obra de un especialista, que en este caso trasluce una impronta marinera en el anónimo autor (el sol y otras estrellas, o la marcación de un viento al lado de la estrella de orientación). Por otro lado, la eficacia transmisora de la idea de feracidad de la tierra está fuera de dudas[65]. La ciudad parece trazada «a cordel y regla», con edificios ingenuamente presentados en perspectiva, lo que, dada la distancia del observador, se puede tomar, en primera aproximación, como una caballera, pero con frecuencia ¡muestran «a la vez» cuatro caras de los paralelepípedos envolventes!

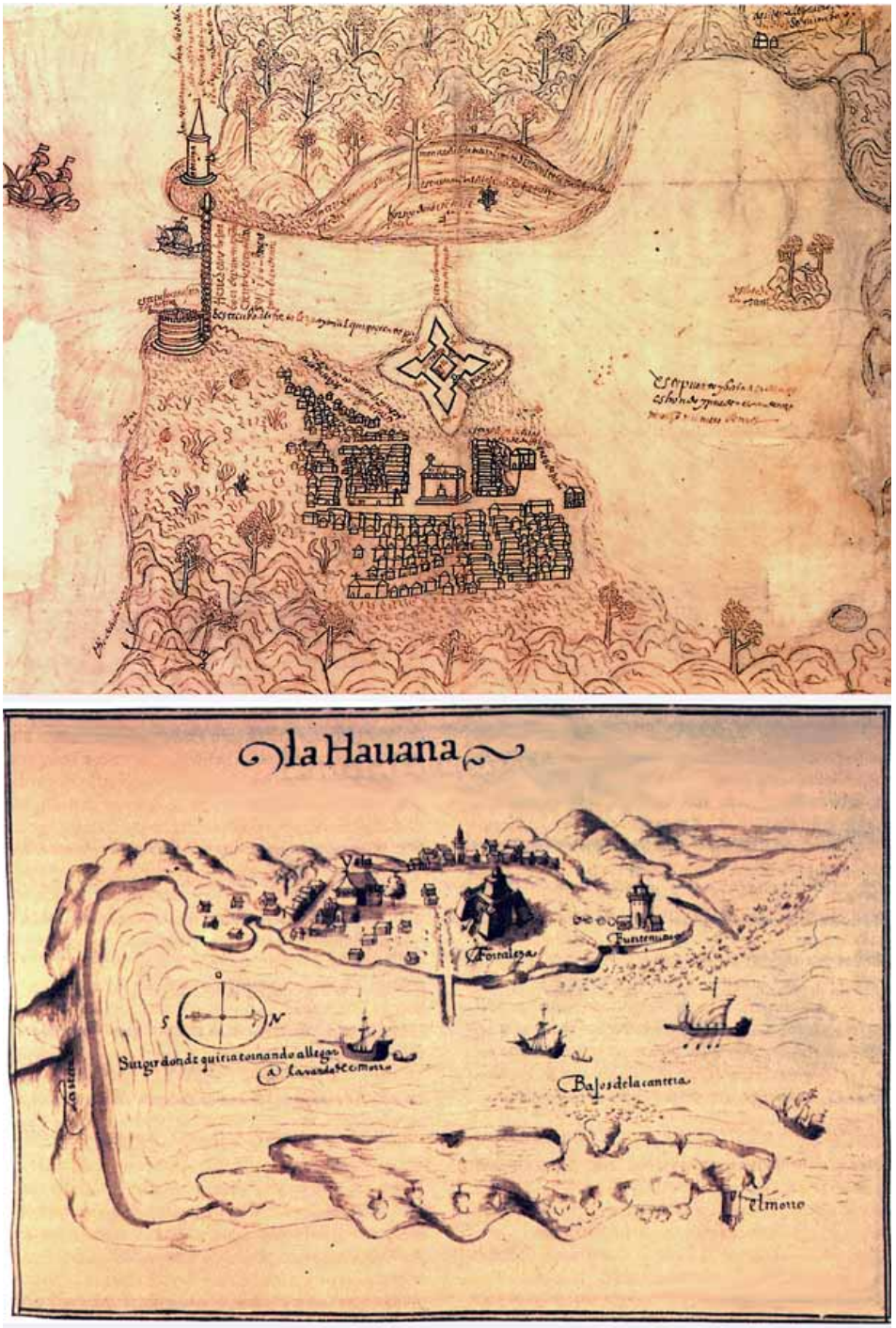
Difícil de reproducir en pequeño tamaño[66], el plano topográfico con canal navegable entre Jerez de la Frontera y el río Guadalete (1581), realizado por Fray Ambrosio Azaro, tal vez con la colaboración del fontanero cordobés Francisco de Montalbán, mezcla planimetría cenital para el territorio (distorsionada para reducir el tamaño del dibujo, pero acotada) e imágenes a vuelo de pájaro, relativas a la ciudad y el puerto proyectado, que se representan muy animados. Es decir, exhibe una cierta dualidad de dibujo técnico-figurativo.

Las dos imágenes de La Habana (fig. 7.15) son ejemplo del empleo simultáneo de diversos sistemas o puntos vista para la representación. En la primera destaca el uso de la planta (signo de importancia) para la fortaleza de cuatro baluartes. Para los edificios pequeños, graduados en tamaño según la lejanía, se usa una suerte de abatimientos de proyecciones pseudo-caballeras de 180 ó 360°. En las fortificaciones de la entrada al puerto y la catedral, así como en elementos del paisaje, dispone otra pseudo-caballera con ángulo de fuga de 45° (la vegetación en lontananza es de idéntico tamaño a la presentada en proximidad). En el segundo dibujo se emplean abatimientos en sentido opuesto en las partes este y oeste (donde el Morro, orografía y vegetación se desarrollan hacia abajo). Destaca una vez más la fortaleza, que ahora se visualiza en pseudo-isometría. Los dibujos de Spannochi sobre Canfranc (fig. 1.9) son un boceto del valle en perspectiva (con una somera acotación dimensional) y la vista de la calle sobre la que reposa el castillo que no se presenta de perfil: dada su importancia, se abate la planta. Como es frecuente en los ingenieros militares, los colores codifican la información, no decoran («el pardo es lo viejo», «el colorado es lo que convenía hazerse», «lo de amarillo es lo que sin propósito se añadió»). La figura 7.16 presenta un dibujo de su discípulo Leonardo Turriano, perteneciente a su *Descrittione et historia del regno de l'isole Canarie* (1592)[67], manuscrito que contiene dibujos corográficos, planos de ciudades y de fortificaciones, y otros dibujos, entre los que destaca el grupo que conforma una imagen de los aborígenes. La vista

[65] En el informe escrito se explicita que los «árboles de la tierra que dan frutos y se cultivan son plátanos mayeyes, añones, guanábanas, paños, mameyes, papayas, aguacates, ciruelas, guayabas...».

[66] De 607 × 1.290 mm, véase reproducción en formato razonable en VV. AA. (2001), pp. 235-239.

[67] Ms. 314, Biblioteca de la Universidad de Coimbra (v. F. J. Martín Rodríguez, 1986).



7.15. Coexistencia de perspectivas diversas en vistas de La Habana: *(1) Anónimo (h. 1567), Plano ¿por un militar? (460 × 342 mm): tinta sepia sobre papel (A.G.I., M. y P., Santo Domingo, 4); (2) Ilustración del libro* Luz de Navegantes *de Baltasar Vellerino de Villalobos, 1592 (Bibl. Univ. de Salamanca).* ***Nota****: el norte está a la izquierda en (1) y a la derecha en (2).*

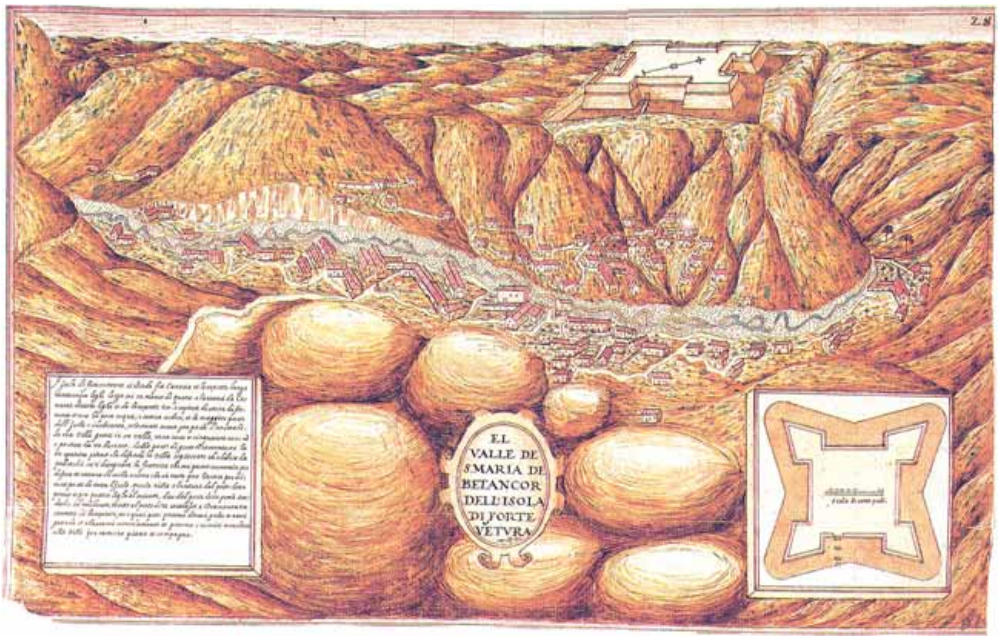
de Betancuria es un delicado esfuerzo por definir a vista de pájaro la ciudad con su entorno y la defensa militar propuesta, de la que no sólo se representa en el sitio sugerido en perspectiva cónica como el resto, sino que también se ofrece separadamente su planta con escala. El plano de La Laguna muestra las edificaciones en proyección militar, salvo lo que considera más destacado, que es abstraído a su simple planta.

En lo que pictóricamente se da en llamar *perspectiva aérea* no interviene exclusivamente la geometría de la perspectiva lineal o cónica, *perspectiva artificialis*, sino que depende también de variables gráficas. Leonardo da Vinci simula la atmósfera, de modo que lo más alejado ha de pintarse «menos perfilado y más azulado». Mediante el claroscuro, técnica de modelado volumétrico merced al contraste de luces y sombras, o el *sfumato*, reducción de la nitidez con la distancia sumergiendo al objeto en esa especie de neblina provocada por la inmersión en la atmósfera que difumina los colores, se busca una gradación de luz y color, de tonos y sombras que, además de la geometría, ayude a obtener una ilusión de profundidad, a diferenciar primeros planos y fondos. Estos recursos pictóricos no son propios del dibujo técnico, aunque alguna vez se usan en el ámbito militar. La fig. 7.17 es imagen de una magnífica colección coordinada por el cartógrafo e ingeniero militar Pedro Texeira (Lisboa, h. 1595 – Madrid, 1662)[68], discípulo de Juan Bautista Lavaña (†1624). Esta *Descripción* contiene un planisferio y un mapa de la Península Ibérica, diversos mapas y vistas de las diferentes regiones costeras, así como vistas topográficas más particulares. En éstas, la defensa de las costas como objetivo militar del encargo «justifica» la perspectiva pseudo-cónica adoptada, permitiendo identificar el posible teatro de operaciones. Las vistas de la colección suelen disponer de escala (en leguas), válida sólo en la línea de la costa, así como de una rosa de los vientos con flor de lis, lo que confiere un cierto sabor náutico. En conjunto es un proyecto cartográfico excepcional, con importantes valores informativos y estéticos, que estilística y cronológicamente desbordan el Renacimiento. Ciertamente, Texeira no estuvo en todo el litoral; una prueba de ello es la vista onubense, que, además de algunas incorrecciones morfológicas, representa a Saltés como ciudad viva, con un magnífico recinto fortificado[69].

---

[68] En F. Pereda y F. Marías (2002) se reproducen las imágenes de la *Descripción de España y de las Costas y Puertos de sus Reynos* (Österreichische Nationalbibliothek, Viena, Cod. Min. 46), así como una traducción del texto *De la forma, grandeza, fertilidad y riqueza de España* (Ö.N.B., Viena, Cod. Vin. 5707), ambos de Pedro Texeira, particularmente conocido gracias a su magnífica descripción topográfica de la Villa de Madrid (Amberes, 1656). De Texeira es también el manuscrito de la Biblioteca de la Universidad de Uppsala (h. 1632), reproducido facsimilarmente en P. de Texeira (2001), anterior y con menor desarrollo cartográfico.

[69] Saltés (*Shaltísh*) fue en el siglo xi un minúsculo reino de Taifas, absorbido por el poderoso Al Muʿtamid, poeta y rey de la taifa sevillana. Como ciudad dejó de funcionar en el siglo xiv.



7.16. Vista y planta por Leonardo Turriano (1592): Valle de S. María de Betancor Dell isola di Forteventura, *en* Descrittione et historia del regno de l'isole Canarie *(fol. 28, 393 × 248 mm; B.U. Coimbra).*

7.17. Perspectiva aérea por Pedro Texeira (1634): Barra y Río de Gibraleón, *vista de la desembocadura de los ríos Odiel y Tinto, con Huelva en el centro. Pertenece a la* Descripción de España y de las Costas y Puertos de sus Reynos *(Ö.N.B., Viena, Cod. Min. 46). Dibujo a tinta, y perspectiva aérea obtenida mediante vivos colores al temple, con goma y sin aceite.*

V

El dibujo arquitectónico: arquitectura civil e ingeniería de fortificación

Sobre la herencia de los maestros góticos franceses y centroeuropeos, así como de los pre-renacentistas toscanos, durante el primer Renacimiento las técnicas del dibujo arquitectónico lograron un importante nivel de madurez. A comienzos del siglo XVI se conocían diversos tipos de perspectivas y se llegó a propugnar el uso sistemático de la tríada básica, planta-alzado-sección, alcanzándose «un grado de virtuosismo y precisión raramente igualado desde entonces»[70]. Nos limitaremos aquí a constatar el empleo de las diversas técnicas gráficas disponibles en la época[71].

El uso de plantas y alzados se observa en multitud de dibujos de la Antigüedad Clásica, pudiéndose comprobar su uso con anterioridad. Tras la caída del Imperio romano, las técnicas de expresión gráfica arquitectónica cuasi desaparecieron, o al menos sus rastros. El primer dibujo arquitectónico potente conocido (h. 820) es el del monasterio de Saint Gall, próximo a Constanza. Se trata de un esquema en planta, en el que se detallan espacios y usos de los aposentos, pero incompleto para definir el complejo arquitectónico. Faltan alzados y secciones.

Nunca completamente olvidado, pero «redescubierto» en Florencia a comienzos del siglo XV, en *De Architectura libri decem,* Marco Vitrubio Polión[72] explicita el empleo de tres «especies» o «clases de disposición» en el dibujo arquitectónico: la *ichnographia,* la *ortographia* y la *scenographia* [lib. I, cap. 2]. Las dos primeras «grafías», descripciones, se identifican sin problema con la planta (*ichno-*, huella, vestigio, planta) y el alzado exterior (*ortho-*, recto, elevación). *Scenographia,* que es tam-

(v. A. Bazzana y J. Bedia García: *Saltés, una ciudad islámica*, Casa de Velázquez, Madrid/Museo Provincial de Huelva, 1993).

70 C. L. Frommel (1994), p. 101. En el trabajo se sintetiza la génesis y el primer desarrollo de esta inflexión.

71 Sobre el dibujo renacentista español, J. M.ª Gentil Baldrich (1998) y VV. AA. (2001), que contiene excelentes trabajos, el de Ortega Vidal en particular. En castellano, sobre los conceptos y técnicas del dibujo arquitectónico: J. Sáinz (1990) y J. I. San José Alonso (1997). Apuntes en torno al dibujo de los ingenieros militares, o de las obras públicas en los siglos XVI y XVII: A. Cámara Muñoz (1991) y C. San Antonio Gómez y M. A. León Casas (2002), respectivamente. C. J. Hernando Sánchez (2000) y A. Cámara Muñoz (1994) presentan numerosos dibujos relativos a fortificaciones españolas en los reinados de los Austrias mayores. Por otro lado, los capítulos 6 y 11 en este volumen, sobre «*Técnica y estétic»: los tratados de arquitectura*», y «*La formulación de los principios de la fortificación abaluartada en el siglo XVI»,* presentan material complementario.

72 Ingeniero militar entre los años 84 y 33 a. C., se supone que terminó su tratado h. el 15 a. C. La primera edición impresa en castellano es bastante tardía: v. facsímil de Vitruvio Pollion (1582). En edición de 1787, traducido y comentado por J. Ortiz y Sanz: *Vitrubio. Los Diez Libros de Arquitectura* (facsímil: Akal, Madrid, 1987). Véase, el capítulo 6 de este mismo volumen.

bién vocablo de origen griego, aparece sólo una vez, en un contexto ambiguo; con carácter general se puede decir que debe añadir información sobre la profundidad. En algunas ediciones, *scenographia* se transforma en *sciografía,* término derivado de *skia,* sombra[73]. Su ambigüedad dio lugar a multitud de interpretaciones alternativas en el Renacimiento[74], oscilando entre modelo o maqueta, el empleo de perspectivas «realistas» (la cónica no podía ser en la época de Vitrubio) y sección en proyección ortogonal. En lo anterior subyace la lucha por la primacía entre las artes: los escultores, defensores de los modelos, eventualmente seccionados, como llegó a hacer Miguel Ángel[75], y los pintores, partidarios de las interpretaciones gráficas, defendidas, por ejemplo, por Sebastiano Serlio[76]. La tercera vía interpretativa fundamental, la sección, fue propuesta en la edición del texto vitrubiano por Daniele Barbaro (de 1556, con dibujos de Andrea Palladio); sin duda la más moderna, es interpretación anacrónica. En cualquier caso, estas tres vías interpretativas informan de tres procedimientos básicos en el proyecto arquitectónico en el XVI. En actitud claramente ecléctica, a finales de siglo se llegaban a aceptar la planta, el alzado, la sección y la perspectiva como «cuatro especies» gráficas definitorias.

La aparición de correlaciones entre planta y alzado, proyecciones ortogonales básicas, se puede rastrear en los maestros góticos, especialmente en estereotomía, mientras que la sección supone una inflexión anunciada en la célebre «Carta o Memoria sobre la Arquitectura» dirigida al Papa León X a finales de la segunda década del Quinientos y atribuida, entre otros, a Rafael Sanzio y a Baldassare Castiglione, así como a círculos milaneses[77]. En la línea albertiana[78], la carta rechaza las perspectivas como expresión del proyecto arquitectónico, subraya la correlación de proyecciones ortogonales y la importancia de la escala; y, como gran innovación, introduce en la sistemática representativa el concepto de sección, lo que permite visualizar el interior, las «parete di dentro». Las tres especies vitrubianas «se tornan» planta-alzado-sección, en dibujos técnicos austeros, con medidas precisas, que requieren una cierta educación para su correcto trazado y lectura. La nueva tríada permitirá definiciones rigurosas de los proyectos arquitectónicos, haciendo viable la neta separación de la labor del arquitecto como proyectista, y la de los diferentes gremios constructores. La Basílica de San Pedro en Roma (1506-1606) es el gran

---

73 La edición en castellano de Miguel de Urrea (1582) emplea este término.

74 Una anotada reflexión al respecto en J. M.ª GENTIL BALDRICH (1998), pp. 83-112.

75 En un ámbito distinto y muy tardíamente, Juan Caramuel en España (1678).

76 Traducido parcialmente del toscano al castellano por Francisco de Villalpando: S. SERLIO (1552), Ed. Alta Fulla (1990).

77 J. M.ª GENTIL BALDRICH (1998), pp. 57-79, realiza un pormenorizado análisis, matizando los contenidos de las copias existentes, calificándola de auténtico manifiesto.

78 No obstante, Alberti utiliza las maquetas escultóricas como método de representación tridimensional, además de valorar expresiones bidimensionales, como las plantas.

taller donde se pone a punto el nuevo marco operativo para el diseño de edificios. Desde la perspectiva socio-profesional, como se ha dicho, el dibujo proporciona a la arquitectura los instrumentos básicos para su transformación en arte liberal.

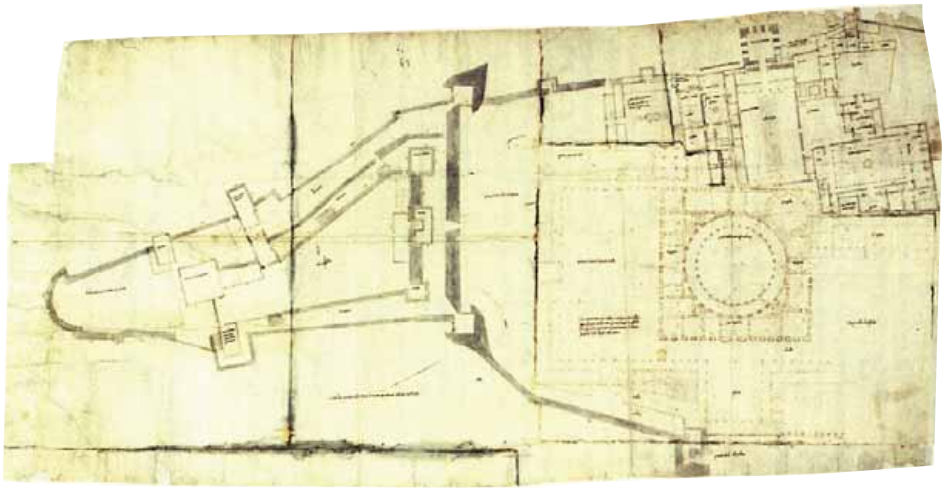
Los tratados de Antonio Labacco (*Libro Appartenente all'Architectura*, Roma, 1555), Daniele Babaro-Andrea Palladio (edición del Vitrubio, 1559) y Jacques Androuet du Cerceau (*Les plus excellents bastiments de France*, París, 1576-9) proporcionan, entre otros, una visión de conjunto de los sistemas de representación en uso en el XVI, prueba evidente del nivel de madurez alcanzado.

En España, el dibujo arquitectónico o de ingeniería de construcción realizado en ámbitos civiles es heredero de las prácticas gremiales de los maestros de obras (de cantería y entalladores-ensambladores, principalmente). Escasos en la primera mitad del siglo[79], suelen ser técnicamente primitivos, incluso toscos de ejecución, aunque eficaces. La planimetría no se distingue por su precisión, salvo excepciones como las de Rodrigo Gil de Hontañón para la catedral de Segovia o la de Juan de Álava para la iglesia salmantina de San Esteban. Se puede reseñar el dominio de técnicas de la perspectiva lineal por Diego de Siloé (h. 1495-1563) (fig. 7.9.1) o la existencia de una planta como el *Plano parcial de la Alambra de Granada, con la Alcazaba, la Casa Real Vieja y el Palacio de Carlos V*, atribuida a Pedro Machuca (h. 1490-1550) (fig. 7.18). Denominada «Planta Grande», probablemente el documento planimétrico más importante del XVI español, es un levantamiento de la zona en el que se superpone, mediante papeles pegados, el palacio renacentista. Lo representado no coincide con lo construido, por lo que se trata de un documento de proyecto y reordenación, en el que lo existente se significa con aguada en gris, mientras que con rayado oblicuo en tinta sepia se marca lo nuevo, en construcción o proyectado. Dimensionalmente está definido merced a un pitipié presente en la hoja del palacio y diversas cotas de piezas y patios.

En las técnicas para el proyecto de la arquitectura civil será decisiva la influencia italiana a través de Juan Bautista de Toledo y Juan de Herrera[80]. El primero, nombrado «Arquitecto de Su Majestad» en 1561, había trabajado con Antonio da Sangallo *el Joven*, con Miguel Ángel (como segundo arquitecto de la fábrica de San Pedro, 1546-48) y como *regio ingegnere* en Nápoles (1549-59). La contratación de Juan Bautista instaurará un nuevo procedimiento de gestión de las obras reales. De tener maestros mayores (tracistas y directores de obras) independientes para cada sitio, se pasará a la existencia de un estudio central de diseño, «del Alcázar», siendo apareja-

[79] Como en todo lo relativo a mapas, planos y modelos, el incendio del Cubo de las Trazas del Alcázar madrileño en la Nochebuena de 1734 nos ha privado de conocer una parte significativa de la producción nacional de mayor calidad. Afortunadamente, un conjunto de trazas, recuperadas para el Patrimonio Nacional hace aproximadamente un siglo, actualmente depositadas en la Biblioteca del Palacio Real de Madrid, ha llegado a nosotros (VV. AA., 2001).

[80] Incorporado como su ayudante, junto con Juan de Valencia en 1563.

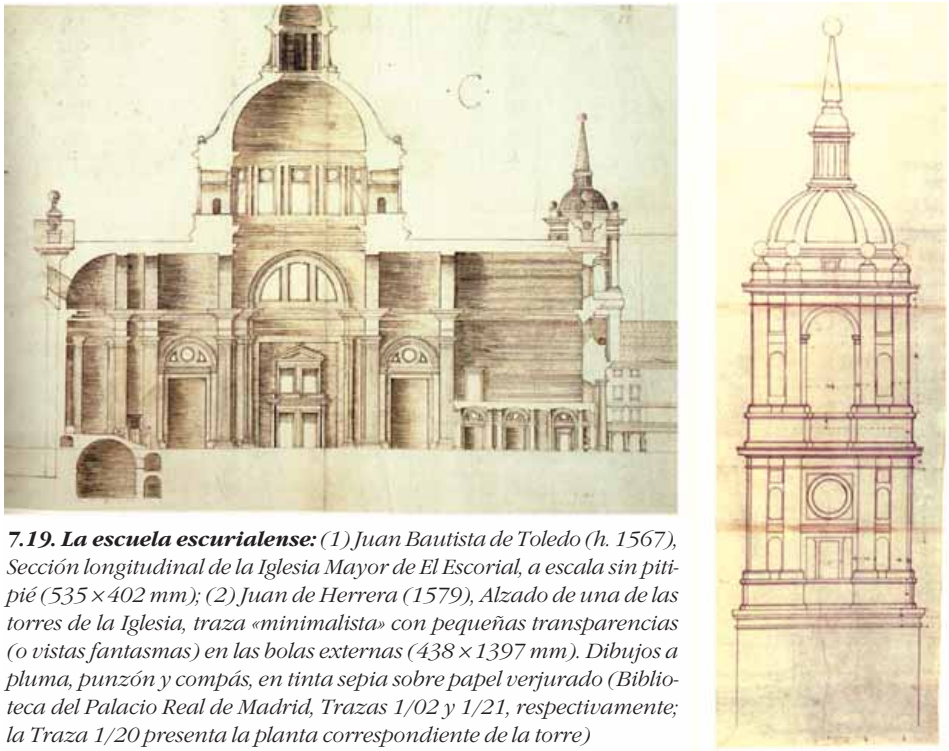


7.18. Representación planimétrica singular: *Pedro Machuca (h. 1527; 1542-50),* Planta grande del complejo imperial de la Alhambra *(629 × 1300 mm). Dibujo a pluma, punzón y compás, en tinta sepia, y aguada gris y azul; papel verjurado (Biblioteca del Palacio Real de Madrid, Traza 2/01).*

dores por obra los encargados de su materialización. La nueva organización de las construcciones reales supone la decidida adopción del modelo profesional vitrubiano-albertiano, con diseño y ejecución separados, en un espíritu centralista, muy filipino, que colaborará decisivamente a la renovación de la expresión gráfica arquitectónica. En cierto modo, los cambios producidos en este ámbito con motivo de la construcción de San Pedro de Roma[81] tendrá su paralelo en nuestro solar con la construcción del monasterio de El Escorial. La escuela escurialense dará luz a un dibujo de notable rigor métrico y geométrico, en una atmósfera predominantemente lineal, con tríadas planta-alzado-sección en correspondencia y «lo que podríamos denominar el «cierre» de la sección vertical, esto es, la clara delimitación entre el vacío y el macizo que perfila y conforma tanto el límite espacial del interior del edificio como la envoltura volumétrica de su forma exterior»[82]. No obstante, Juan Bautista fue un decidido usuario de técnicas de expresión mixtas, con planos y modelos. Como trazador, más deudor de Sangallo que de Miguel Ángel, no se le conocen obras gráficas excepcionales. Entre otras de gran interés, donde se puede apreciar el mencionado «cierre» de la sección vertical, se encuentra la sección de la iglesia mayor de El Escorial, designada como proyecto «C» (fig. 7.19.1), enviada a la Academia Florentina de Diseño para su informe. A escala aproximada 1/125, aunque

[81] Por donde pasaron Bramante, Rafael, Peruzzi, Antonio de Sangallo *el Joven* y Miguel Ángel, entre otros.

[82] J. Ortega Vidal (2001), p. 371.

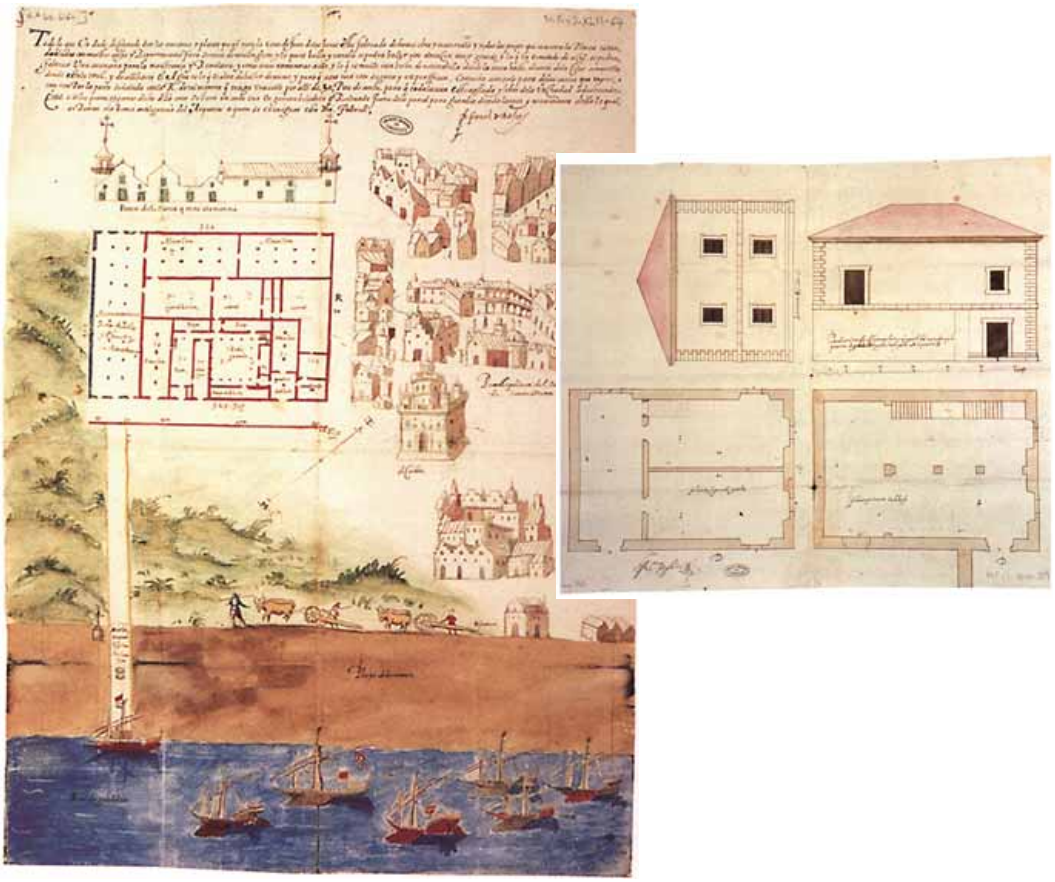


7.19. La escuela escurialense: *(1) Juan Bautista de Toledo (h. 1567), Sección longitudinal de la Iglesia Mayor de El Escorial, a escala sin pitipié (535 × 402 mm); (2) Juan de Herrera (1579), Alzado de una de las torres de la Iglesia, traza «minimalista» con pequeñas transparencias (o vistas fantasmas) en las bolas externas (438 × 1397 mm). Dibujos a pluma, punzón y compás, en tinta sepia sobre papel verjurado (Biblioteca del Palacio Real de Madrid, Trazas 1/02 y 1/21, respectivamente; la Traza 1/20 presenta la planta correspondiente de la torre)*

sin pitipié, emplea el sombreado para marcar volúmenes y profundidades. Análoga sección, pero del edificio construido, se presenta en el grabado de la fig. 5.2.

Si Juan Bautista de Toledo es el introductor de las técnicas del dibujo ortogonal asociadas al proyecto arquitectónico en España, será Juan de Herrera, marginalmente afecto —casi refractario— a los modelos escultóricos, y por tanto más centrado en las técnicas gráficas, quien las irradiará de forma sistemática. La transición entre maestro y discípulo significa un cambio definitivo en los procedimientos de expresión de los proyectos. La mayor destreza gráfica y rigor de Herrera le llevarán a dibujos lineales minimalistas, a escala, correlacionando plantas, alzados y secciones, en cierto sentido muy palladianos (fig. 7.19.2). Muerto Juan Bautista en 1567, las dos décadas siguientes marcarán la difusión del nuevo hacer. Así, son de Juan de Herrera no sólo un ingente número de trazas (bocetos, estudios y dibujos de soluciones construidas) para El Escorial, sino también el proyecto para la Lonja de Sevilla (1572), el Ayuntamiento de Toledo (1574, con once plantas, alzados, secciones y detalles, memoria descriptiva, pliego de condiciones y estudio económico; un proyecto «moderno», en suma) y la catedral de Valladolid (1580), entre otros trabajos. Los sucesores de Herrera, Francisco de Mora y su sobrino Juan Gómez de Mora, realizarán trabajos gráficos correctos, a veces brillantes, pero la inflexión en las técnicas de expresión gráfica estaba ya marcada.

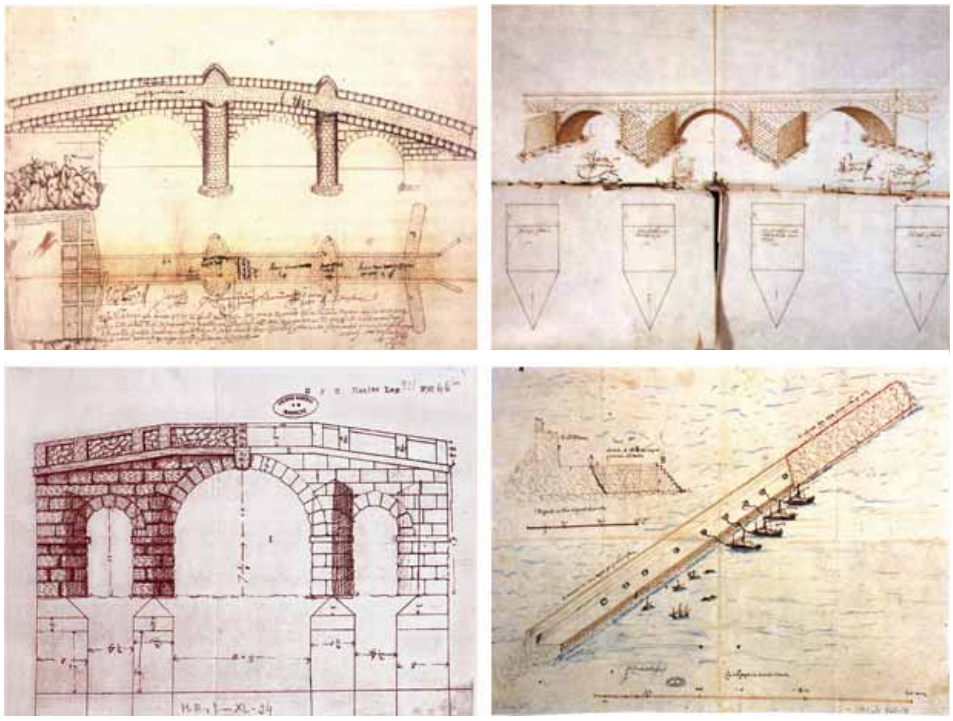
Si bien Toledo fue ingeniero del rey, y se sabe que Herrera fue soldado en San Quintín, ambos representan la renovación del dibujo arquitectónico en el ámbito civil de la construcción. Los ingenieros de fortificación más decisivos fueron en gran parte súbditos italianos, o españoles con estancias en Italia (como es el caso del comendador Escrivá). Constituyen otra vía de incorporación de las nuevas técnicas que posee algunos matices con respecto a la civil. Entre sus rasgos en el empleo de variables gráficas se pueden anotar: la gradación de nitidez en una misma representación, en función de los intereses (lo importante nítidamente reflejado, en caso contrario más difuminado) o el uso sistemático del color como código para la lectura; por otro lado, incorporan recortables o solapas para superponer en los dibujos, así como



7.20. Disparidad técnica en una misma época: *(1) Mezcla de «planimetría» con perspectivas diversas y planta-alzado: Cristóbal de Rojas (1603), casa comprada para almacén de las galeras en el Puerto de Santa María (575 × 422 mm). Dibujo a mano alzada, en tinta sepia y coloreado a la acuarela (A.G.S., G.A. leg. 616, M.P. y D. XLII-64); (2) Plantas y alzados en correspondencia: Jerónimo de Soto (1610),* La casa de la pólvora para Fuenterrabía *(382 × 487 mms). Tinta sepia y aguadas en color (A.G.S., G.A. leg. 743, M.P. y D. XLIV-39).*

frecuentes reclamos o prolijas anotaciones textuales en los mismos planos. Por lo demás, realizan proyecciones correlacionadas (siempre una planta y alzado o perspectiva, o secciones), incluso emplean varias proyecciones-secciones ortogonales (fig. 7.20.2). Para favorecer la «expresividad» de dibujos que habían de ser entendidos en la Corte, el color se aplicará, además de como código, para resaltar los volúmenes, a veces con carácter simplemente decorativo. A menudo se llega a mezclar vistas (a vuelo de pájaro con plantas y alzados, así como diversas perspectivas, cónica y pseudo-caballera), incluyendo anecdóticas figuraciones amenizadoras (fig. 7.20.1).

Las trazas de los tres puentes (fig. 7.21) presentan plantas en correspondencia con los alzados, cuyas proyecciones difieren notoriamente. En la primera (sobre el Nalón) se emplea una suerte de proyección paralela oblicua (con ángulo de fuga de 90° y coeficiente de reducción de aproximadamente 0,7; el terreno está tratado de



7.21. Puentes y muelle: *(1) Diego Vélez y Juan de Cerecedo el Mozo (1577), Puente de Puerto sobre el río Nalón (Archivo Municipal de Oviedo): planta ortogonal y alzado en perspectiva paralela; (2) Gaspar de Vega (1569), Traza para el arreglo del puente de Viveros (535×410 mm): planta con alzado multiperspectivo (Archivo de Protocolos de Madrid, T. 744, fol. 376); (3) Anónimo (1585), Proyecto de puente para Bayona del Tajuña, Madrid: planta y alzado en correspondencia, acotado, sombreado y con texturas (A.G.S., M.P. y D., XL-24, C. y S. Reales leg. 321); (4) Cristóbal de Rojas, Perspectiva seccionada y sección transversal de muelle de Gibraltar (413×547 mms): tinta sepia y acuarela, con código cromático (lo amarillo en pie, lo colorado caído), doble escala (A.G.S., G.A. leg. 691, M.P. y D. XLII-71).*

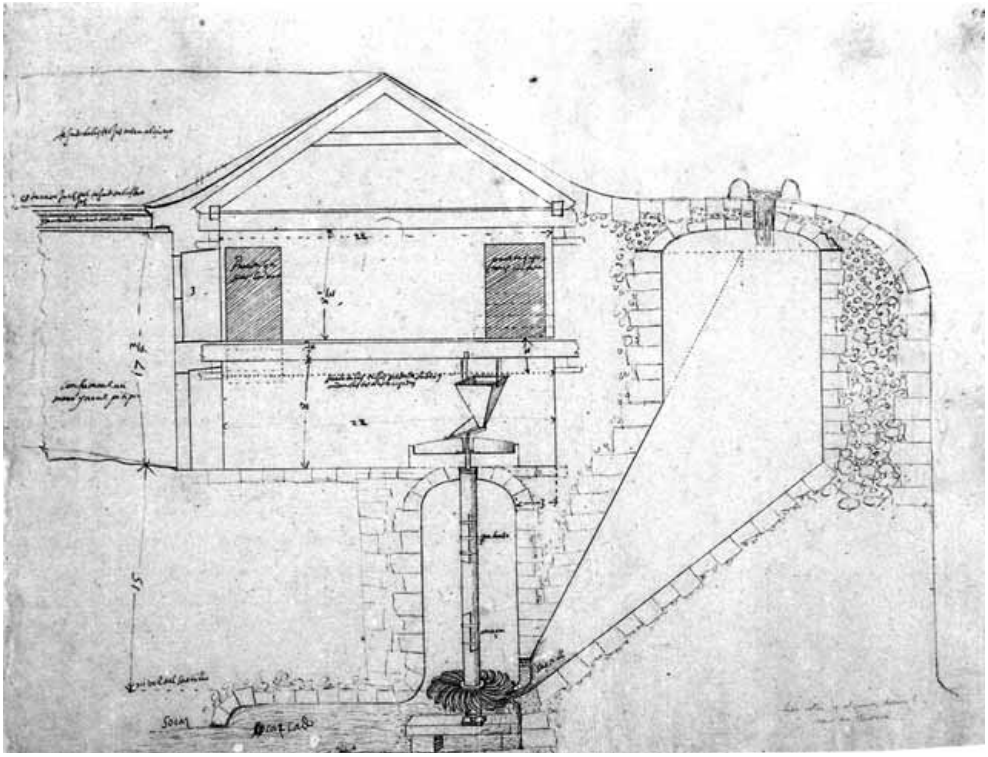
forma anecdótica). La traza del puente de Viveros es arcaizante, superponiéndose una especie de perspectiva paralela oblicua en plano frontal para los tajamares y otra pseudo-cónica frontal con punto de fuga central para el resto. La correspondiente al puente de Bayona del Tajuña es una correcta proyección ortogonal, con acotación bastante sistemática, sombreado y texturas. Una vez más, la peculiaridad reside en el tratamiento de los tajamares, que parecen adosados y transparentes (vistas fantasmas). El muelle de Gibraltar se muestra a través de una proyección caballera (con ángulo de fuga de 45°) y perfil seccionado, cada dibujo con escala diferente.

VI

La representación de máquinas: de «retratos» a esquemas

El desarrollo del dibujo de procesos productivos y máquinas fue realizado en gran parte por las mismas personas que dibujaron edificios, algunos de los cuales —ingenieros militares, sobre todo— también fueron cartógrafos. Por ello, no cabe sorprenderse de que las técnicas de expresión gráfica evolucionen de forma paralela, aunque existan diferencias notables. Conviene recordar que la arquitectura tiene que ver con distribución de aposentos, paramentos y espacios *estáticamente* definidos; sin embargo, en las máquinas importa describir la conexión de los diferentes elementos y sus enlaces, favorecer la intuición de la factibilidad y, a veces, de la eficiencia de los *movimientos* con respecto a los objetivos perseguidos (levantamiento de pesos, elevación de aguas, tallado de objetos, etc.).

En el Renacimiento, además de surgir una visión mecanicista de la naturaleza, susceptible de tratamiento matemático, hay una eclosión de la invención. Se conciben numerosas máquinas o instalaciones, a veces fantásticas. Sin embargo, se conocen menos dibujos de máquinas que de levantamientos cartográficos o de proyectos arquitectónicos. Respecto de esas carencias relativas cabe apuntar: (1) la perduración de los procesos indiferenciados de diseño-construcción (diseño sin dibujos de conjunto), rasgo típico del artesanado; (2) la menor envergadura económica de las máquinas, que no incitaba a representaciones «para archivar»; (3) el interés de silenciar los detalles constructivos por parte de los diseñadores, a pesar de la existencia de «privilegios de invención»; y (4) la limitada garantía de los dibujos de algunas máquinas sobre su eficacia, lo que reduce el interés de los clientes, que además suelen tener dificultades para interpretarlos. Por tanto, no es frecuente adjuntar trazas de máquinas en los contratos de instalación, limitándose con frecuencia las trazas existentes a especificar elementos de las edificaciones en las que se inserta la maquinaria (molinos, por ejemplo, fig. 7.22). Por otro lado, son varias las razones para su pérdida, como la menor perdurabilidad de los ingenios frente a la fábrica que los alberga y su más rápida obsolescencia. Quizás haya que añadir que, salvo excepciones, ni los historiadores del arte, ni los de la ciencia, e incluso muchos de los de la técnica, han prestado atención suficiente a estos dibujos, por lo que cabe esperar que nuestro



7.22. Alzado con sección rectificada para presentar el cubo y uno de los molinos (la maquinaria en perspectiva)*: Francisco de Mora (1596),* Sección del Molino de la Compaña del Escorial *(429 × 565 mm y 435 × 576 mm, respect.). Tanto éste como su correspondiente planta son dibujos a pluma y punzón: tinta sepia sobre papel verjurado, ambos acotados y la planta con pitipié, con nota precisando que las medidas han de ser obtenidas «conforme al número y no al pitipié» (Biblioteca del Palacio Real de Madrid, Traza 1/41; la planta correspondiente es la Traza 1/42).*

conocimiento de lo producido en España se vea sustancialmente mejorado en el futuro. A pesar de todo, la información sobre modelos de máquinas existentes u objeto de especulación en la época es bastante amplio, gracias a los tratados conservados.

Desafortunadamente, al igual que en arquitectura, los tratados españoles no fueron muchos, ni su relevancia de primer nivel. Singular excepción es el anónimo manuscrito denominado *Los Veintiún libros de los Ingenios y Máquinas* (BNM, mss. 3372 a 3376), copia de un desconocido original, el más importante texto europeo de la época sobre ingeniería hidráulica (h. 1590-1610), erróneamente atribuido a Juanelo Turriano, y del que se postula su autoría por un altoaragonés[83]. También revis-

[83] J.A. GARCÍA-DIEGO, ed. (1996); N. GARCÍA TAPIA (1997). En M. SILVA y M.S. MENJÓN (2001) se da cuenta de un manuscrito de la Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze (Panciatichiano 200), más sintético y anterior a la copia matritense. Con la ayuda de la Fundación Juanelo Turriano, se está estudian-

te importancia el cuaderno de notas del castellano Francisco Lobato del Canto (act. 1547-1585)[84]. En España no se imprimió ningún *Teatro de Máquinas*[85], presentaciones escenográficas de multitud de ingenios en los que se glorifica la inventiva y se desarrolla un cierto culto a la máquina, rasgos importantes de la cultura renacentista, aunque quizás insuficientemente valorados.

Los primeros dibujos de máquinas medievales conocidos se encuentran en el cuaderno de Villard de Honnecourt (h. 1250). Su célebre representación de un aserradero movido hidráulicamente[86] es paradigmática de la planitud de los dibujos de máquinas en el medioevo, cuyos elementos se cuasi-abaten sobre un único plano, mostrándose los enlaces de forma frontal. Pre-perspectivos, frecuentemente incompletos y faltos de dimensionamientos, no son fáciles de interpretar. Se pueden leer como esquemas icónicos donde se establece un compromiso entre un cierto nivel de abstracción (esquema lógico-simbólico, quizás destinado a los constructores de la máquina) y un realismo parcial que posibilite su comprensión por no expertos. En cierto modo, los dibujos establecen un diseño parcial que el propio constructor ha de completar, percibiéndose una peculiar división del trabajo creativo. A lo largo de los siglos XIV y XV se irá ganando en verosimilitud volumétrica[87], en un proceso de acercamiento a representaciones naturalistas, quizás destinado a los potenciales patrocinadores de su realización. En el XV, los dibujos se aproximarán a las reglas de la perspectiva cónica, aunque los elementos «se verán» con frecuencia desde puntos de observación diferentes. Más tarde, de la mano de ingenieros sieneses como Mariano di Jacopo, llamado *il Taccola* (1382-h. 1458) o Francesco di Giorgio Martini (1439-1502), así como de Leonardo da Vinci (1452-1509), se evidenciará la utilidad del dibujo para el diseño[88], convirtiéndose definitivamente en «medio para la experimentación en papel», herramienta para bosquejar y corregir en procesos iterativos, no sólo para definir el producto, sino también para evaluar sus potencialidades de uso. En suma, el dibujo como *lingua franca* para el «arte de las máquinas».

Arcaísmo figurativo y superposición de perspectivas se solapan en los dibujos de máquinas hasta el siglo XVI. Estas técnicas gráficas perviven durante toda la centuria, aunque la progresiva unificación en los puntos de observación dará lugar a

---

do tanto este manuscrito florentino como un tercero, bastante más próximo al madrileño, aparecido en la biblioteca de la familia Torner, en Barcelona, a la que agradecemos la colaboración prestada.

84 J.A. García-Diego y N. García Tapia (1987).

85 A.G. Keller (1964); H. Verin et L. Dolza (2003), pp. 8-20; intr. de L. Benito (1971) en J. Besson (1602).

86 R. Bechmann (1993), pp. 279; A. Erlande-Brandenburg *et al*. (2001), lám. 44.

87 D. McGEE (2002) resume rotundamente el cambio al afirmar que la evolución es «from flat to fat».

88 Véase, por ejemplo, L. Reti (1963, 1974); G. Scaglia (1966, 1992); Taccola (*De Ingeniis*, fac. ed. por G. Scaglia *et al*., 1984; *Liber Tertius de Ingeniis ac Edifitiis*, fac. ed. por J.H. Beck, Milán, 1969); P. Galluzzi, «Portraits of Machines in Fifteenth Century Siena», en *Non-verbal Communication in Science Prior to 1900* (R. G. Mazzolini, ed.), Bib. di «Nuncius», vol. 11, Florencia, 1993, pp. 53-90.

perspectivas correctas. Hasta mediados-finales del siglo XVIII, en la representación de máquinas e instalaciones fabriles se empleará de forma predominante una simple vista del conjunto[89], sea cónica o cilíndrica (caballera, normalmente). En ausencia de una teoría formal de trazado, estos dibujos llegan a tener un rigor y una coherencia notables.

Salvo excepciones, no se utilizan tríadas de proyecciones ortogonales; sin embargo, el empleo de secciones (incluso en varios niveles) y transparencias o vistas fantasmas es sistemático, tanto en perspectivas cónicas como en proyecciones paralelas. A veces, para acrecentar el naturalismo, se aplican sombreados y texturas (más raramente, colores). El despiece de un conjunto o máquina se muestra dispersando los elementos (normalmente, en perspectiva a su vez) o exhibiendo montajes parciales; más rara y tardíamente, se presentan vistas «estalladas» de gran modernidad. En los proyectos, a veces se encuentran cotas, no realizándose auténticos dibujos a escala. Tratándose de procesos o dispositivos dinámicos, abundantes reclamos literales dan la clave para explicaciones funcionales o constructivas (donde, por ejemplo, la definición de materiales, de existir, se limita a generalidades como «de madera» o «de metal»).

A pesar de la evolución sufrida, el dibujo renacentista de máquinas no es aún un lenguaje con reglas propias en los que se abstraiga la materialidad subyacente y se ofrezca un trazado sintético, un esquema sobre el que realizar cálculos o razonamientos (como en arquitectura, no se trata de «proyectos» en el sentido moderno de la palabra). Este nuevo paso comenzará a finales de siglo, entre otras razones debido a la consolidación de la mecánica en tanto que *scienza nuova*. El próximo cambio radical en la forma de dibujar máquinas surge a finales del siglo XVIII, cuando se establecen especificaciones geométricas rigurosas para la construcción y se posibilitan diversos cálculos necesarios para el dimensionado.

En la literatura técnica renacentista sobre procesos proto-industriales y máquinas se suelen distinguir dos tipos de aportaciones: los *tratados* y los *teatros de máquinas*. En los primeros —idea de «reducción en arte»[90]— se pretende cubrir el estado del arte en un dominio de la técnica, pero no promover una renovación radical. En su conjunto, de esta literatura técnica se puede inferir una cultura en clara ruptura con la gremial, en el sentido de que se publicita el conocimiento, no guardándose celosa-

[89] De donde W. LEFÈVRE (2003) argumenta sobre la limitación de las técnicas de expresión gráfica para los mecánicos desde un punto de vista cognitivo. En esencia califica los dibujos de máquinas como ilustraciones (uso de perspectivas, representaciones ligadas a la apariencia, apropiadas para comunicar a no-profesionales información acerca de objetos), no como planos relacionados (uso de proyecciones ortogonales, definición de su estructura; para una cierta complejidad, sólo legibles por profesionales). En cierto modo es una reformulación actual del rechazo de Alberti al uso de perspectivas en el diseño arquitectónico.

[90] H. VÉRIN: «La réduction en art et la science pratique au XVI siècle», *Institutions et Conventions*, Éditions de l'EHSS, París, 1998, pp. 119-144.

mente como secreto profesional. No obstante, como autoprotección del autor, hay que reseñar que a veces los dibujos son deliberadamente incompletos.

De los múltiples tratados publicados en diversos dominios, sólo se apuntará el de Georg Agrícola, *De Re Metallica* (Basilea, 1556)[91]. Elaborado a lo largo de unos veinte años, el texto estuvo aparentemente terminado en 1550. Agrícola confiesa en su prólogo:

> «He contratado ilustradores para delinear sus formas, no sea que descripciones expresadas con palabras no sean compresibles a los hombres de hoy, o causen dificultades con posteridad».

Quizás quepa recordar que en el siglo XVI existía una población en su mayoría analfabeta que dependía de las ilustraciones para informarse, en general. El tratado de Agrícola es un texto técnico soberbiamente ilustrado, aunque admite «lecturas» parciales como colección de dibujos. Precisión y belleza según cánones renacentistas son características de este primer impreso sobre la minería basado en la observación y análisis de los procesos, en el que se destacan multitud de detalles sobre elementos o subconjuntos. Agrícola enviaba artistas a las minas para que reprodujeran rigurosamente las máquinas e instalaciones. Concebidas las ilustraciones desde una visión escenográfica (costumbrista y paisajística), plasmando los procesos desde una cierta atemporalidad, un perceptible «horror vacui» lleva a los ilustradores a insertar anécdotas en las escenas, incluidos míticos duendes del bosque o angelotes sopladores (símbolos de los vientos). Su publicación se demoró hasta 1556 (Agrícola falleció en noviembre de 1555). El retraso hasta que fue enviado al impresor, en 1553, se debió a la preparación de las 289 xilografías que lo ilustran (figs. 12.4 y 6, 14.19). Aunque Agrícola no nombra a los artistas que colaboraron, parece que bastantes bocetos fueron preparados por un tal Blasius Weffring. Se emplean perspectivas varias (lineal, predominantemente, y caballera), secciones (incluso irregulares), vistas fantasmas, montajes de subconjuntos, algunas construcciones geométricas, despieces (enumerativos, dispersos, que a veces ofrecen variantes a dispositivos como fuelles, ventiladores, bombas para elevar agua, etc.), plantas de edificios fabriles (únicos casos en los que se acotan dimensiones, mientras que en el resto se emplea sólo una escala relativa, antropocéntrica), sombreados y reclamos para conectar el texto.

Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas, con más de quinientas ilustraciones contiene: vistas corográficas con obras, plantas de edificios y fábricas (fig. 14.16), máquinas para elevar pesos y aguas (figs. 1.5 y 1.6), herramientas e instrumentos de nivelación (fig. 1.7) o propuestas de modelos tipo para construcciones (fig. 9.14). Realizado en un *scriptorium* cortesano hispano no identificado, las ilustraciones se deben a varios dibujantes que trabajaban a la vez que los copistas del texto. Son más desornamentadas, menos escenográficas, «más técnicas» que las del

91 Traducción al inglés de H. C. y L. H. HOOVER (Dover ed., Nueva York, 1950).

libro de Agrícola, pero en su conjunto emplean análogos recursos gráficos, aunque con matices. Parcialmente perteneciente a un ámbito de ingeniería de construcción, e influido por el modelo vitrubiano, no ha de extrañar que exista un significativo número de plantas, a veces en conjunción con perspectivas (normalmente cónicas, en algún caso cilíndrica).

También, para algunas construcciones (armaduras para azudes de madera, por ejemplo) se usan alzados en proyección ortogonal, en diversos casos plantas, y se definen dimensiones con acotaciones esporádicas en dibujos que, no siendo más que modelos, no están a escala. Se emplean secciones, despieces e incluso se proponen variantes técnicas para elementos (por ejemplo, de cangilones en norias). Uno de los rasgos diferenciadores con los dibujos de Agrícola es un mayor uso de la abstracción geométrica, tanto en temas topográficos (perfil longitudinal de una serie de molinos en cascada, división de tierras, etc.), constructivos (dimensionado de pilares para puentes, por ejemplo), y lo que es más novedoso, en algunas máquinas (por ejemplo, el ángulo de ataque del agua sobre los álabes de un rodezno, como se comentará). No se usa el color, prácticamente no se emplean texturas y los sombreados sólo escasamente. Aunque se observa una «mano animadora», al decir de Ángel del Campo[92], la ambientación es más contenida, persiguiéndose simplemente definir un ámbito de uso. A diferencia del conjunto de ilustraciones del libro de Agrícola, la calidad de los dibujos dista de ser uniforme.

De idéntica temática y estructuración, y anterior al manuscrito de Madrid, es el mencionado *Trattato dell'Acque*[93]. Mucho más corto que *Los Veintiún Libros* (84 folios y 342 figuras, frente a los 483 folios y 506 figuras), es también anónimo. No está fechado, pero datos indirectos permiten datarlo con seguridad después de 1585, probablemente antes de 1590. Los dibujos, realizados a mano alzada, en algunos casos simplemente esbozados, son de una gran belleza, basándose el códice florentino mucho más en los dibujos que el matritense. La familia Torner, de Barcelona, posee un manuscrito muy próximo a *Los Veintiún Libros* (611 páginas y unas 600 figuras; actualmente en estudio conjunto con el anterior), también anónimo y no fechado, aunque parece ser algo más tardío. Entre sus «pequeñas» diferencias se puede anotar la existencia de un apéndice sobre *Principios de Geometría*, aunque el uso de ésta en el texto es el mismo que el del códice matritense. Las colecciones de dibujos en los tres códices son puntualmente complementarias, permitiéndose mejorar la reconstrucción de lo que pudo haber sido un potencial códice «completo»[94].

---

92 Á. del Campo Francés: «Apunte iconográfico sugerente sobre los *XXI Libros*», *Revista de Obras Públicas*, febrero 1989, pp. 196-202. Un análisis de los dibujos del códice lleva a clasificarlos artísticamente en cuatro niveles de calidad.

93 Un primer análisis de este códice en M. Silva y M.S. Menjón (2001), pp. 113-124.

94 La Fundación Juanelo Turriano nos apoya en el estudio de estos códices. Agradecemos su ayuda, especialmente en la persona de Javier Goicolea, su director hasta hace unos meses.

Las ilustraciones del cuaderno de notas de Francisco Lobato, no especialmente hábil como dibujante (figs. 14.1-3), son bastante más primitivas, evidenciándose entre otros atavismos frecuentes abatimientos sobre el plano del dibujo.

Los teatros de máquinas[95] son libros impresos (inicialmente en Francia e Italia, posteriormente también en Alemania) que ofrecen singulares espectáculos de la innovación mecánica[96]. Si los tratados son textos que pueden estar profusamente ilustrados, los teatros de máquinas son colecciones de dibujos (xilografías o grabados en cobre, normalmente a página completa) acompañados por comentarios más o menos técnicos en los que se declaran el objeto y el fundamento de la máquina o instalación dibujada. Presentaciones escenográficas con evidente intención de impactar, retóricas en el amplio sentido del término, muestran multitud de variantes de ingenios, a veces instalaciones o máquinas «imposibles».

Durante el siglo XVI, la representación de las máquinas se realiza en gran parte según las técnicas de la pintura, empleando perspectivas sobre fondos paisajísticos o productivos que intentan transmitir una impresión de verosimilitud. Con el tiempo van surgiendo figuraciones más abstractas en las que se produce un empobrecimiento del marco de la presentación, concentrándose las imágenes en los rasgos más relevantes de la maquinaria, con despieces parciales, secciones o/y vistas fantasmas.

Jacques Besson publica el primero en latín: *Instrumentorum et Machinarum* (h. 1570), contándose entre los ilustradores a Jacques Androuet du Cerceau[97]. Entre los diversos «teatros renacentistas» impresos, se pueden apuntar:

Jacques Besson, *Théâtre des Instruments Mathématiques et Mécaniques* (Lyon, 1578, impreso en castellano en 1602): 60 dibujos a página completa.

Agostino Ramelli, *Le diverse e Artificiose Machine* (París, 1588): 174 dibujos a página completa y 20 a doble página.

Vittorio Zonca, *Novo Teatro di Machine et Edificii* (Padua, 1607): 42 dibujos a página completa.

Fausto Veranzio, *Machinae Novae* (Florencia, 1615; edición pentalingüe, en castellano en particular).

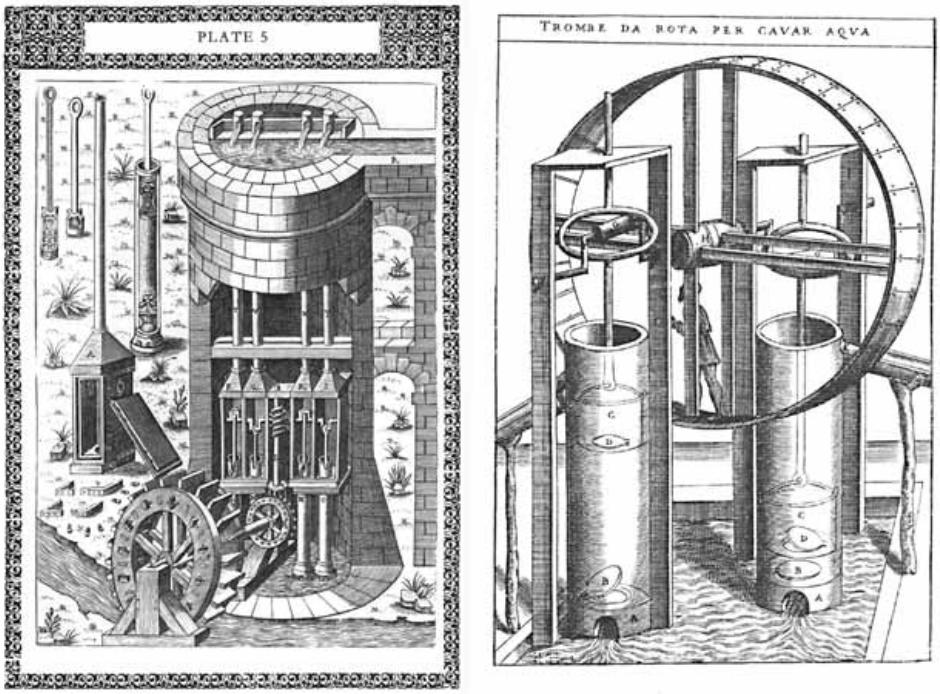
Salomon de Caus, *Les raisons des forces mouvantes, avec diverses machines tant vieilles que pleasantes*... (Fráncfort, 1615): 51 dibujos a página completa y 29 más pequeños, en páginas con texto.

---

95 «Teatro» se toma en su acepción más genérica, recogida en el *Diccionario de Autoridades* de la Real Academia Española (1739), aún mantenido en el DRAE, de «lugar donde una cosa está expuesta a la estimación o censura de las gentes», acepción empleada, por ejemplo, en el mencionado *Teatrum Orbis Terrarum* (1570) de A. ORTELIUS.

96 Este género literario es fundamentalmente disjunto, aunque complementario, del que sienta las bases de la mecánica como ciencia matematizada (v., por ejemplo, W. R. LAIRD, «The scope of Renaissance Mechanics», *Osiris*, 2, 1986, pp. 43-68).

97 Posteriormente fue traducido al francés con comentarios de François Beroalde, introduciéndose en esa edición de 1578 la denominación genérica «Teatros de Máquinas».



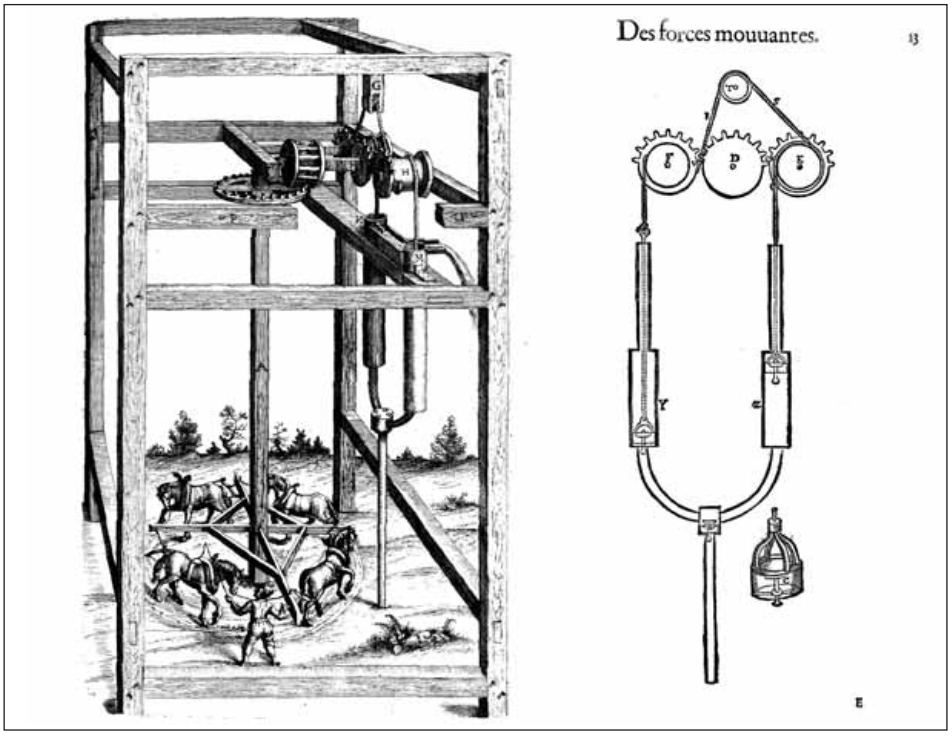
7.23. Secciones y vistas fantasmas: *(1) Agostino Ramelli,* Le diverse et artificiose machine *(1588): perspectiva cilíndrica seccionada y despiece; (2) Vittorio Zonca,* Novo Teatro di Machine et Edificii *(1607): perspectiva cónica con vistas fantasmas. Grabados al cobre*

Giovanni Branca, *Le Machine* (Roma, 1629): 77 xilografías de factura popular a página completa, algunas inacabadas.

La obra de Ramelli destaca por la magnífica calidad, uniformidad de estilo y cantidad de sus grabados, con 110 máquinas para elevar agua, 35 molinos y 10 grúas, entre otras propuestas. Emplea con profusión proyecciones cilíndricas (básicamente caballeras, con ángulos de 45° y 90°; fig. 7.23.1), también perspectivas cónicas, con frecuencia en conjunción con secciones (incluso en dos niveles). Despieces más ordenados que en *De Re Metallica* y algunas vistas «estalladas» conviven con sombreados, texturas y frecuentes atavismos decorativistas (paisajes, anécdotas). Como en *Los Veintiún Libros de los Ingenios y las Máquinas,* en el realista *Novo Teatro* de Zonca hay, además, vistas fantasmas (fig. 7.23.2) y perspectivas a vista de pájaro.

Salomón de Caus tiene pretensiones más teóricas y emplea definiciones, teoremas, demostraciones y problemas como elementos estructuradores de un texto que frente a la imagen gana en presencia relativa. Además de usar grabados pequeños intercalados entre definiciones y teoremas vinculados a los problemas, introduce grabados a página completa (en perspectiva cónica con sombreados y texturas; en ocasiones, con algún subconjunto separado, que así queda enfatizado). Muy indicador de la evolución, tras presentar una máquina en perspectiva cónica, en un par de ocasiones declara que «a cause que la precedente machine est fort difficile à entendre, j'ay mis icy son Ortographie»; es decir, ante posibles confusiones, clarifica la

situación con esquemas en proyección ortogonal (fig. 7.24)[98]. En algún edificio, o en la definición de una máquina[99], coloca planta y alzado seccionado en correspondencia. En los grabados pequeños se usan tanto la perspectiva cónica (a veces frontal, comprendiendo por tanto un alzado, en correspondencia con una planta) como alzados o esquemas puramente geométricos. Pero los dibujos no sólo «retratan» las máquinas, sino que esquematizados, geometrizan el problema permitiendo razonamientos o cálculos aún rudimentarios (fig. 7.25). Ya esencialmente geométrico es el dibujo mostrado en la fig. 4.4: Cristóbal de Rojas presenta, sin demostrar su corrección, una técnica para graduar un nivel de tranco rectángulo[100].

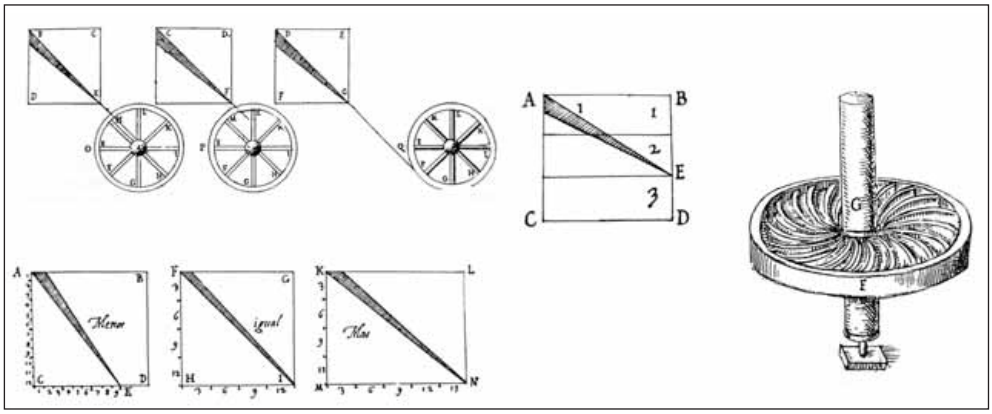


7.24. Perspectiva central y esquema aclaratorio en proyección ortogonal: *Salomón de Caus,* Les raisons des forces mouvantes, avec diverses machines tant vieilles que pleasantes... *(1615).*

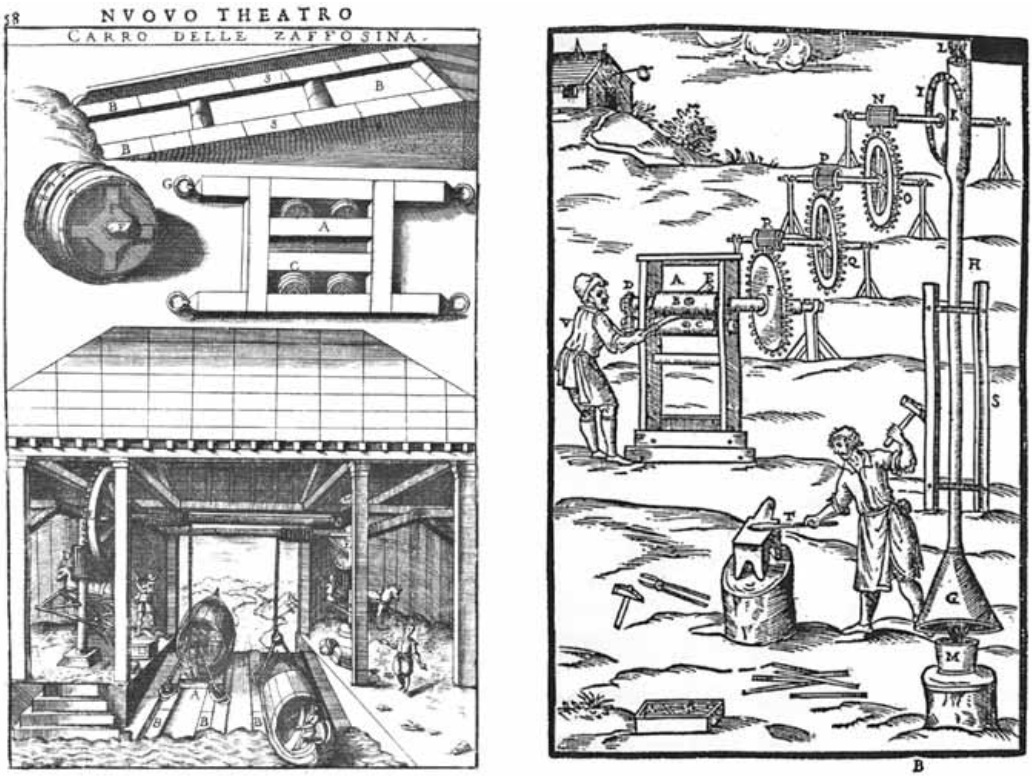
[98] La transformación de perspectivas en proyecciones ortogonales geometrizadas (la transformación de *pictures* en *plans*, según W. Lefèvre, 2003) se avanza en los tratados sobre mecánica teórica, tipo de literatura que por razones de espacio no se puede analizar aquí (v., por ejemplo, Guidobaldo del Monte: *Le Mechaniche,* Venecia, 1581, fol. 102).

[99] Un órgano musical para el que dispone, además, una perspectiva cónica desde abajo (lib. III, fol. 11r).

[100] En Andrés García de Céspedes: *Libro de instrumentos nuevos de Geometría, muy necesarios para medir distancias, y alturas, sin que intervengan numeros* (Madrid, 1606), se describe la «fabrica» (realización), «demostración» (explicación matemática del fundamento) y «uso» de un nivel de



7.25. Geometrización de los razonamientos sobre eficiencia *(ángulo con el que «la agua vaia a herir en las palas de la rueda», y cómo «asentar de las ruedas»): Volumen III de* Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas *(h. 1590-1610; B.N. de Madrid, Ms. 3374).*



7.26. (1) Vittorio Zonca, Novo Teatro di Machine et Edificii *(1607): bipartición de la imagen;* ***(2) Giovanni Branca,*** Le Machine *(1629): ingenuidad gráfica con abatimientos parciales (frecuentes en el medioevo), instalación de «imposible» funcionamiento.*

En «los teatros» se reconoce la necesidad de una apoyatura textual. En líneas generales, se evoluciona reduciendo la retórica hacia un mayor rigor, al tiempo que el texto adquiere mayor relevancia. Su epítome se debe a Jacob Leupold, miembro de la Academia de Berlín: *Theatrum Machinarium* (10 vols., Leipzig, 1724-39, con más de 500 grabados). Paralelamente, «los tratados» convergen hacia la monumental *Encyclopédie* de Diderot y D'Alembert (París, 1751-72), que categóricamente resume la importancia concedida al dibujo en su folleto de presentación (1750): «Un coup d'œil sur l'object ou sa représentation en dit plus long qu'une page de discours». En la *Encyclopédie,* como en los teatros, se hace evidente la doble consideración del uso de la máquina, herramienta manipulada por operarios en un ambiente fabril, y la definición más abstracta, «formalizada», de (sub)conjunto(s) o de las piezas más significativas, a veces descontextualizadas, pretendidamente con rigor formal. Se trata de una dualidad (figurativa *vs.* técnica) de las imágenes que se puede rastrear en dibujos de comienzos del siglo XVI, en diversos tratados (el de Agrícola, aun en forma rudimentaria, o en *Los Veintiún Libros*) o en teatros de máquinas (Ramelli o Zonca, fig. 7.26.1, por ejemplo). La primera línea expresiva se acerca más al dibujo artístico que la segunda, catalogable de «técnica», donde a pesar de los progresos señalados en la definición de piezas, máquinas o instalaciones, no se emplean de forma sistemática plantas-alzados-secciones[101].

El tratado *De re aedificatoria* de Alberti, de mediados del siglo XV y la mencionada carta a León X, de finales de la segunda década del XVI, son hitos en la conceptualización del dibujo de arquitectura, que no tienen equivalente para el dibujo de máquinas, de más lenta evolución, condicionada por los procesos económico-productivos. Un cuarto de milenio después, la Revolución Industrial provocará la definitiva evolución desde la artesanía mecánica: la producción de series de máquinas (en procesos repetitivos y parcelados, en el marco de una progresiva división del trabajo) o la necesidad de sustituir sistemáticamente piezas mediante repuestos necesitan de definiciones «completas» de las piezas, sin ambigüedades, con mayores precisiones dimensionales. Corolario natural será el fuerte impulso a la esquematización y codificación del dibujo mecánico, introduciéndose estilos gráficos y normas legibles por un amplio conjunto de destinatarios potenciales. Pero esta evolución tendrá lugar a partir del último tercio del XVIII. En otros términos, el abandono

tranco rectángulo (i.e., el ángulo central es de 90°). Lleva a cabo la demostración formal de su corrección empleando diversas propiedades en *Euclides* (libros I y III).

101 M. POPPLOW (2002, pp. 68-69), en un esbozo sobre un molino dibujado por el ingeniero Heinrich Schickhardt (h. 1610), constata el uso de una sección vertical en correspondencia con una vista desde arriba y sugiere la posibilidad de un empleo relativamente generalizado de plantas-alzados por los ingenieros mecánicos, que no se observa en los tratados o teatros de máquinas. Ahora bien, aun siendo cierto que las proyecciones ortogonales son «menos fáciles» de leer que las vistas, también lo es que en tratados de arquitectura como el paradigmático de A. Palladio, 1570, dirigidos en gran parte a los mismos profesionales, se usan profusamente.

del realismo pictórico merced a esquematizaciones geométricas y el dimensionado sistemático será un proceso lento, iniciado en el Renacimiento, que se consolida al finalizar la Primera Revolución Industrial, dando lugar a un dibujo mecánico más próximo al de nuestros días, en el que los procesos de abstracción y normalización son predominantes. Sin duda, los métodos de representación más abstractos y precisos requieren de una formación específica en el observador, de la misma manera que para la lectura de una partitura musical se necesita conocer solfeo.

VII

A modo de epílogo: el Renacimiento como punto de inflexión en las técnicas de representación. Maquetas y dibujos

En la representación de realidades tridimensionales, junto a los dibujos desempeñan un papel destacado las maquetas que, quizás por voluminosas, pasan con frecuencia a la categoría de elementos de los que «conviene» deshacerse. Permítasenos apuntar que, durante el Renacimiento, tuvieron una enorme importancia, tanto en las representaciones corográficas (sobre todo, en el ámbito militar)[102] como en las arquitectónicas (especialmente en el diseño de edificios de gran representatividad)[103], o en las del «arte de las máquinas»[104]. Por ejemplo, en el ámbito arquitectónico, la disputa modelos *vs.* trazas (i.e., maquetas escultóricas *vs.* dibujos) refleja la de la escultura *vs.* la pintura, aunque tanto Alberti como Miguel Ángel o Juan Bautista de Toledo usan dibujos y maquetas de forma complementaria. Valga como observación que las maquetas de máquinas o las arquitectónicas no aportan información útil sobre los aspectos resistentes de las estructuras soporte, por lo que no es argumento de superioridad frente a las representaciones gráficas.

Existen evidencias del uso de maquetas en la Antigüedad, particularmente en Grecia y Roma, aunque no durante la Edad Media. La aceleración de los procesos de innovación técnica que propicia el Renacimiento potencia su uso como medio de representación en competiciones por proyectos arquitectónicos y mecánicos, así como en la concesión de privilegios de invención. En el caso de las máquinas se podían presentar notorios problemas con la «demostración» de su funcionamiento (ya que para la funcionalidad esperada cuentan aspectos cinemáticos y dinámicos,

102 En España no se han conservado, pero se sabe de su abundancia por documentos escritos. En Francia, aunque esencialmente del siglo XVII, el *Musée des Plans-Réliefs* conserva una magnífica colección maquetas urbanas en las que se incide en sus defensas.

103 H.A. Millon (1994), pp. 19-73, presenta una visión italocéntrica. En el ámbito español, v. J.M.ª Gentil Baldrich (1998).

104 M. Popplow (2002) es un ensayo dedicado, esencialmente, a explorar funciones epistémicas de los modelos modernos de máquinas de la época, considerándolos en tanto que precursores de dispositivos experimentales, así como su relación con la mecánica pre-clásica.

así como los relativos a la precisión con la que se materializan articulaciones, estanqueidades, etc.). Dicho de otro modo, aunque informaba, el éxito o el fracaso de la maqueta de una máquina no constituía, en general, ni condición necesaria ni suficiente en relación con la funcionalidad esperada (por ejemplo, fallos en la realización del modelo a escala podían inducir a abandonar innovaciones útiles). En los siglos XVI y XVII abundan las referencias documentales a maquetas corográficas, arquitectónicas y mecánicas, pero no conocemos modelos operativos españoles anteriores al siglo XVIII. En cualquier caso, es un tema insuficientemente estudiado.

Centrados en el dibujo, en el Renacimiento se recupera y perfecciona la tradición cartográfica helénica, resumida en el legado ptolemaico. Se desarrollan nuevas proyecciones (la náutico-mercatoriana, la cónica con dos paralelos estándar, la sinusoidal...) para trasladar la retícula terrestre de meridianos y paralelos, y se elabora un «retrato» aceptablemente «completo» de la realidad geográfica del planeta. Entre tanto, la representación del relieve deambula por derroteros más pictóricos que geométricos, siendo asignatura pendiente en una cartografía cuyo siguiente salto sustancial se producirá en el siglo XVIII. Dentro de un marco global con el realismo como ambición, las vistas corográficas también tienen un importante desarrollo. En la representación arquitectónica se introduce el uso sistemático de la tríada planta-alzado-sección, a veces complementada con perspectivas cónicas, que quedan rigurosamente establecidas. Si el diseño de la fábrica de San Pedro en Roma ayuda a cristalizar en Italia el nuevo dibujo arquitectónico, la obra de San Lorenzo de El Escorial, ya bajo la batuta de Juan de Herrera, cumplirá análogo papel en España. En el ámbito de la ingeniería militar se emplean con frecuencia proyecciones paralelas oblicuas que preservan las plantas, así como aproximaciones a la isométrica, no totalmente fundamentadas, pero manejadas con apreciable rigor. En el dibujo de máquinas se usa preponderantemente el esquema de una máquina una vista en perspectiva (cónica o caballera), con secciones y vistas fantasmas, despieces, vistas «estalladas», etc. Además, se emplean proyecciones ortográficas esquematizadas. Es decir, se avanza en el camino de la esquematización, de la abstracción geométrica: es el comienzo de una evolución que al terminar el Siglo de las Luces, bajo el impulso de la Revolución Industrial y el desarrollo de la Geometría Descriptiva, así como de la progresiva definición de normas, preparará el camino para el «nuevo» dibujo técnico que cristalizará durante el XIX. En lo referente a variables gráficas, con líneas, luces y sombras, texturas o colores (como códigos operativos, como «recursos realistas» o simplemente con pretensiones estéticas), el dibujo técnico acude a recursos análogos a los meramente pictóricos, aunque con mayor justificación funcional.

Conviene resaltar que el desarrollo de las técnicas de representación gráfica y su incorporación a la praxis dominante no corren parejas. Además del consabido retraso que discurre desde la innovación técnica hasta que su uso se generaliza, además de las disimetrías que introduce la calidad de los ejecutores de los dibujos, su empleo no puede contemplarse en una misma área geográfica con carácter pura-

mente acumulativo o lineal. De este modo, ilustraciones del siglo XV (por ejemplo, de Francesco di Giorgio) podrán ser notoriamente «más modernas» que otras del XVII, en la misma Italia central (fig. 7.26.2)[105], o los dibujos de Spannocchi son de mayor calidad que los de sus discípulos. Sin embargo, se pueden observar importantes correlaciones en las técnicas expresivas utilizadas en las diversas áreas disciplinares de la ingeniería, la arquitectura e incluso la cartografía.

Se suelen anteponer los desarrollos perspectivos como los rasgos principales del dibujo renacentista. Sin embargo, en el ámbito de la técnica, esas imágenes de «apariencia», meramente ilustrativas, «retratos», no tienen la trascendencia de la introducción de la tríada planta-alzado-sección, cuyo trazado se terminará de formalizar con la Geometría Descriptiva, al terminar el siglo XVIII. De este modo, en el Renacimiento se dibujan también imágenes conceptuales, con finalidad técnica, esencialmente definitoria, dimensional. Las proyecciones paralelas, ortogonales u oblicuas, desempañan un papel intermedio, conciliando en parte circunstancia y definición dimensional. Análogamente, en esta época se prepara la evolución desde las vistas corográficas a mapas y planos topográficos geométricamente mucho más rigurosos, cuestión que cristalizará al finalizar el Siglo de las Luces.

La inflexión en el conocimiento y difusión de las técnicas gráficas tiene importancia adicional por su impacto socio-profesional. Por un lado, se pueden identificar maestros de «hazer cartas», con origen en la tradición mecánica de la navegación y posteriormente en la liberal de la cosmografía. Por otro, maestros de obras, agrimensores y «oficios matemáticos» diversos (ingenieros militares, en particular) se afanan en «pintar territorios». En su conjunto, aunque con matices, los «maestros cartógrafos» pasan a ser considerados ejercientes de un arte liberal. Unida al tronco de la geografía, la cartografía se independizará como disciplina científico-técnica en el siglo XIX.

Mayor impacto, si cabe, tienen las nuevas técnicas del dibujo como instrumento diferenciador de categorías socio-profesionales en el mundo de la construcción y del «arte de las máquinas», permitiendo geometrizar el espacio y los mecanismos, así como experimentar sobre el papel. De acuerdo con una visión platónica del diseño, considerando primordialmente su dimensión cognitiva en relación con la concepción de formas, el dibujo adquiere rango de instrumento esencial para la expresión de ideas y artificios[106]. Su dominio permitirá separar las tareas de diseño y de realización, posibilitando así la identificación de arquitectos e ingenieros, nuevos profesionales de artes liberales que quedan segregados de los oficios gremiales. Sin lugar a dudas, el Renacimiento es época de profunda inflexión en lo que a los precedentes del dibujo técnico actual se refiere.

---

105 A veces, las imprecisiones técnicas ocultan la carencia de soluciones a problemas clave.

106 A. FERGUSON (1992); H. VÉRIN (1993), pp. 160-166. Sin embargo, la ilustración en las ciencias es aspecto más controvertido: v., por ejemplo, G. BARONCINI, «Note sull'Illustrazione Scientifica», *Nuncius* (XI-2), pp. 527-543, 1996.

Bibliografía

Agrícola, G.: *De Re Metallica,* Dover Publ. (H.C. y L.H. Hoover, eds.), Nueva York, 1950.

Alberti, L. B.: *De Re Aedificatoria*, Akal (prólogo de J. Rivera.), Madrid, 1991.

Aramburu-Zabala, M. A. (dir.): *Juan de Herrera y su influencia*, Publicaciones de la Universidad de Cantabria, 1993.

Bechmann, R.: *Villard de Honnecourt. La pensée technique au XIIIe siècle et sa communication,* Ed. Picard, París, 1993.

Besson, D.: *Teatro de los Instrumentos y figuras Matemáticas y Mecánicas* (Lyon, 1602), Intemac-Editorial Alpuerto (L. Benito Quintana, ed.), Madrid, 1971.

Biringuccio, V.: *The Pirotecnia. The Classic Sixteenth-Century Treatise on Metals and Metallurgy,* Dover Publ. (C.S. Smith y M.T. Gnudi, eds.), Nueva York, 1990.

Blaeu, J.: *Gran atlas* (facsímil de mapas del siglo XVII), Ed. Libsa, Madrid, 1999.

Blázquez, A.: «Una joya americana del siglo XVI», *Revista de Geografía Colonial y Mercantil,* tomo VII (3 y 4), pp. 81-98, 1910.

Booker, P.J.: *A History of Engineering Drawing*, Chatto and Windus Ltd., 1963.

Bousquet-Bressolier, C.: *Le Paysage des Cartes. Genèse d'une codification*, 3ème Journée d'Étude du Musée des Plans-Reliefs, París, 1999.

Branca, G.: *Le Macchine* (Roma, 1629), Unione Tipografico-Editrice Torinese (L. Firpo, ed.), Turín, 1968.

Buisseret, D. (ed.): *Rural Images. Estate maps in the old and new worlds*, The University of Chicago Press, 1996.

— *Envisionning the city. Six studies in Urban Cartography*, The University of Chicago Press, 1998.

— *The Mapmakers' Quest. Depicting New Worlds in Renaissance Europe,* Oxford University Press, 2003.

Cámara Muñoz, A.: «El Dibujo en la Ingeniería Militar del siglo XVI», *A Distancia,* Octubre, pp. 24-30, 1991.

— *Fortificación y Ciudad en los reinos de Felipe II,* Nerea, Madrid, 1998.

Cerezo Martínez, R.: *La Cartografía Náutica Española en los siglos XIV, XV y XVI,* CSIC/Museo Naval, Madrid, 1994.

Damisch, H.: *El origen de la perspectiva,* Alianza Ed., Madrid, 1997.

Durero, A.: *De la Medida* (Núremberg, 1525), Akal (J. Peiffer, ed.), Madrid, 2000.

Erlande-Brandenburg, A., *et al*.: *Villard de Honnecourt. Cuaderno del siglo XIII,* Akal, Madrid, 2001.

Ferguson, A.: *Engineering and the Mind's Eye,* The MIT Press, Cambridge, Mass., 1992.

Frommel, C. L.: «Reflections on the early architectural drawings», en Millon y Lampugnani (1994), pp. 101-121.

García-Diego, J. A. y N. García Tapia: *Vida y Técnica en el Renacimiento. Manuscrito de Francisco Lobato, vecino de Medina del Campo,* Universidad de Valladolid, 1987.

— (ed.): *Los Veintiún Libros de los Ingenios y las Máquinas*, Fundación Juanelo Turriano/Editorial Doce Calles, Aranjuez, 1996.

Gentil Baldrich, J. M.ª: *Traza y Modelo en el Renacimiento*, Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción, E.T.S. de Arquitectura de Sevilla, 1998.

Hernando, A.: *El mapa de España. Siglos XV-XVIII,* Ministerio de Fomento, Instituto Geográfico Nacional, Madrid, 1995.

— *Contemplar un territorio. Los mapas de España en el Teatrum de Ortelius,* Ministerio de Fomento, Instituto Geográfico Nacional, Madrid, 1998

Hernando Sánchez, C. J.: *Las fortificaciones de Carlos V*, Ediciones del Umbral, Madrid, 2000.

Imhof, E.: *Cartographic Relief Presentation*, Walter de Gruyter, Berlín/Nueva York, 1982.

Kagan, R. L. (coord.): *Ciudades del Siglo de Oro. Las vistas españolas de Antón Van den Wyngaerde*, El Viso, Madrid, 1986.

— *Imágenes urbanas del mundo hispánico: 1493-1780*, El Viso, Madrid, 1998.

Keller, A.: *A Theater of Machines,* Chapman & Hall, Londres, 1964.

Lefèvre, W. (ed.): *Pictorial means in early modern engineering (1400-1650),* Preprint 193, Max-Planck-Institute für Wissenschaftsgeschichte, Berlín, 2002.

— «The limits of Pictures. Cognitive functions of Images in Practical Mechanics-1400 to 1600», en *The Power of Images in Early Modern Science* (W. Lefèvre, J. Renn, U. Schoepflin, eds.), Birkhauser Verlag, Basilea, pp. 69-88, 2003.

León Casas, M. Á., *et al.*: «La representación del territorio mediante el procedimiento de las curvas de nivel. Los primeros planos españoles», en *13.º Congreso INGEGRAF*, Badajoz, 2001 (CD-ROM).

Liter, C.; F. Sanchís y A. Herrero: *Geografía y cartografía renacentista*, Akal, Madrid, 1992.

Marías, F.: «Imágenes de Ciudades Españolas: de las convenciones cartográficas a la *corografía* urbana», en Pereda y Marías, eds. (2002), pp. 99-116.

Martín Merás, L.: *Cartografía Marítima Hispana. La imagen de América.* Lunwerg/CSIC, Madrid, 1993.

Martín Rodríguez, F. J.: *La primera imagen de Canarias: los dibujos de Leonardo Torriani*, Colegio Oficial de Arquitectos de Canarias, Santa Cruz de Tenerife, 1986.

McGee, D.: *The origins of early Modern machine Design,* en Lefèvre (2002), pp. 7-38.

Menéndez-Pidal, G.: *Hacia una nueva imagen del mundo*, Real Academia de la Historia/Centro de Estudios Políticos y Constitucionales, Madrid, 2003.

Millon, H. A., y V. M. Lampugnani (eds.): *The Renaissance from Bruneleschi to Michelangelo. The representation of Architecture,* Thames & Hudson, 1994.

MILLON, H. A.: «Models in Renaissance Architecture», en MILLON y LAMPUGNANI (1994), pp. 19-73.

MUNDY, B. E.: *The Mapping of New Spain: Indigenous Cartography and the Maps of the Relaciones Geográficas,* University of Chicago Press, Chicago, 1996.

NIETO OÑATE, M. *et al.*: *Dibujo técnico XVI-XVII y XVIII*, Junta de Castilla León, Valladolid, 1990.

ORTEGA VIDAL, J.: «Una muestra del dibujo de la arquitectura en la España Dorada», en VV. AA. (2001), pp. 337-415.

ORTIZ Y SANZ, J. (ed.): *Vitrubio. Los Diez Libros de Arquitectura* (1787), Akal Ediciones, Madrid, 1987.

PALADINI CUADRADO, Á.: «La formación de la carta moderna en España en el siglo XVI», en *El Emperador Carlos y su tiempo* (IX Jornadas Nacionales de Historia Militar, Sevilla 1999), Madrid, 2000, pp. 633-655.

— «La representación del relieve en los mapas a lo largo de la Historia», *Servicio Geográfico del Ejército. Boletín de Información*, 72, pp. 11-49, 1991.

— «Sobre la génesis de los portulanos», *Boletín de Información del Servicio Geográfico del Ejército*, 76, pp. 7-18, 1993.

PANOFSKY, E.: *La perspectiva como forma simbólica,* Tusquets, Barcelona, 1995.

PEREDA, F., y F. MARÍAS (eds.): *El Atlas del Rey Planeta: «La descripción de España y de las costas y puertos de sus reinos» de Pedro Teixeira (1634),* Nerea, Madrid, 2002.

POPPLOW, M.: *Models of machines: A «missing link» between early modern engineering and mechanics?* Preprint 225, Max-Planck-Institute für Wissenschaftsgeschichte, Berlín, 2002.

— *Functions of 16th Century Engineering Drawings*, en LEFÈVRE (2002), pp. 47-79.

RAMELLI, A.: *The various and ingenious machines* (París, 1588), Dover Publ. (M.T. Gnudí y E.S. Ferguson, eds.), Nueva York, 1976.

RETI, L.: «Francesco di Giorgio Martini's Treatise on engineering and its plagiarists», *Technology and Culture* (IV), pp. 278-298, 1963.

— (ed.): *The Unknown Leonardo,* Abradales Press, Nueva York, 1974.

REY PASTOR, J., y E. GARCÍA CAMARERO: *La cartografía mallorquina*, CSIC, Madrid, 1960.

ROMERO, F., y R. BENAVIDES: *Mapas Antiguos del Mundo*, Eagle Books Spain, 1994.

RUIZ DE LA ROSA, J. A.: *Traza y Simetría de la Arquitectura en la Antigüedad y Medioevo,* Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 1987.

SÁINZ, J.: *El Dibujo de Arquitectura,* Nerea, Madrid, 1990.

SAN ANTONIO GÓMEZ, C., y M. Á. LEÓN CASAS: «La cartografía aplicada a la representación de las obras públicas españolas. Siglos XVI y XVII», en *14.º INGEGRAF*, Santander, 2002 (CD-ROM).

SAN JOSÉ ALONSO, J. I.: *Apuntes sobre el desarrollo del dibujo arquitectónico*, Publicaciones de la Universidad de Valladolid, 1997.

Scaglia, G.: «Drawings of machines for architecture from the early Quattrocento in Italy», *Journal of the Society of Architectural Historians,* 25(2), pp. 90-114, 1966.

— *Francesco Di Giorgio: Checklist and history of manuscripts and Drawings in Autographs and Copies from ca. 1470 to 1687 and renewed copies (1764-1839),* Leigh University Press, Associated University Presses, Cranbury, 1992.

Serlio, S.: *Tercero y Quarto libro de Architetura*, Ivan de Ayala, Toledo, 1552 (facsímil Ed. Alta Fulla, Barcelona, 1990).

Shirley, r. w.: *The mapping of the world. Early printed world maps (1472-1700).* The Holland Press, Publ., Londres, 1987.

Silva, M., y M. S. Menjón: *Ingenios, Máquinas y Navegación en el Renacimiento.* Colección CAI-100, n.º 98, Zaragoza, 2001.

Snynder, J. P.: *Flattening the Earth-2000 Years of Map Projections*, University of Chicago Press, Chicago, 1993.

Taccola (Mariano di Jacopo, detto Il): *Liber Tertius de Ingeneis ac edifitiis non usitatis,* Ed. Il Polifilo (J. H. Beck, ed.), Milán, 1969.

— *De Ingeniis*, Dr. L. Reichert Verlag (Scaglia, Prager y Montag, eds.), Wiesbaden, 1984.

Texeira, Pedro de: *Compendium Geographicum*, Fundación Alvargonzález (R. Alvargonzález Rodríguez, ed.), Madrid, 2001.

Thrower, N. J. W.: *Mapas y Civilización. Historia de la cartografía en su contexto cultural y social*, Ediciones del Serbal, Barcelona, 2002.

Vérin, H.: *La Gloire des Ingénieurs. L'intelligence technique du xvi^e^ au xviii^e^ siècle,* Albin Michel, París, 1993.

— y L. Dolza: «Les Théâtres de Machines: Une mise en scène de la Technique», *Alliage, Le spectacle de la Technique* (50-51), pp. 8-20, 2003.

Vitruvio Pollion, M.: *De Architectvra, dividido en diez libros, traduzidos de Latin en Castellano por Miguel de Urrea, Architecto,* Alcalá de Henares, Iuan Gracian, 1582 (facsímil con introducción de L. Moya, Ed. Albatros, Valencia, 1978).

VV. AA.: *Historia de la Cartografía Española*, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 1982.

VV. AA.: *Las Trazas de Juan de Herrera y sus seguidores*, Patrimonio Nacional/ Fundación Marcelino Botín, Santander, 2001.

Wiebenson, D.: *Los Tratados de Arquitectura. De Alberti a Ledoux*, Hermann Blume, Madrid, 1988.

Wigall, D.: *Historic Maritime Maps, 1290-1699,* Parkstone Press, Nueva York, 2000.

Wright, L.: *Tratado de perspectiva,* Ed. Stylos, Barcelona, 1985.

Zonca, V.: *Novo Teatro di Machine et Edificii* (Padua, 1607), Ed. Il Polifilo (C. Poni, ed.), Milán, 1985.

Zulueta Pérez, P., y R. Suárez Sánchez: «Alrededor de los planos y dibujos para despiece de máquinas y otros artilugios», en *12.º Congreso INGEGRAF*, Valladolid, 2000 (CD-ROM).