

Arte y ciencia. La visión en el Renacimiento

Samuel Y. Edgerton Jr.

Department of Art, Williams College, Maryland*

Recibido: 3 de octubre de 2002.

Aceptado: 6 de noviembre de 2002.

Resumen

La recuperación de la geometría euclidea y el redescubrimiento de la perspectiva lineal dio a la Europa renacentista una forma de ver la realidad física única entre todas las culturas del mundo. Este cambio en la percepción fue fundamental para las siguientes revoluciones en el arte y la ciencia occidentales.

Introducción

El Renacimiento comprende un periodo de profundos cambios en la Europa Occidental; en términos amplios se puede fechar de 1300 a 1600 al intervalo en que la “edad media espiritual” dio lugar al “modernismo secular”; fue el tiempo en que el arte cambió de una abstracción estilizada a una cuantificación matemática. Hoy, a varios siglos de distancia, podemos discernir en detalle estos notables cambios en el desarrollo del arte y la ciencia. Pero ¿los habríamos notado de vivir en esa época? ¿Habríamos detectado las mismas señales y pistas que hallaron Leonardo da Vinci y Galileo? Si hubiéramos viajado a China o al Imperio Musulmán ¿habríamos encontrado las mismas señales? ¿O habríamos concluido que el Renacimiento era singular no sólo en el tiempo sino también en el espacio: Europa Occidental y, en los primeros años, la Italia central entre Roma y Florencia?

En otras palabras ¿por qué fue precisamente en esa zona donde, por primera vez en todas las civilizaciones del mundo, se desarrolló la ciencia moderna? ¿por qué algunos de los más espectaculares logros, tanto artísticos como científicos, se dieron en Florencia?

Al menos una respuesta apunta cuando comparamos el arte pictórico del renacimiento europeo con el de sus contemporáneos orientales. Comparemos, por ejemplo, las ilustraciones científicas europeas con los pinturas de la China y el Islam. Tomemos,



Figura 1: Grabado de una mosca azul de *Micrographia*

por ejemplo, el grabado de una mosca azul publicado en la monumental *Micrographia* de 1655, figura 1, y un tema semejante en un detalle de la pintura “Otoño temprano” de la dinastía Yüan; esta pintura es atribuida al artista Ch’ien Hsüan del siglo XIII, figura 2.

Es evidente que el pintor chino revela la ligereza de los insectos voladores en tanto que Hooke (quien probablemente apenas hacía los dibujos preliminares al grabado) revela la estructura geométrica de las alas de la mosca sin revelar como se mueven en el vuelo. En la visión occidental, para comprender la estructura de un objeto, fuera orgánico o no, debía concebirse como una *naturaleza muerta* con todas sus partes trasladadas a relaciones imparciales, estáticas y geométricas. En tales pinturas, como alguien señaló cáusticamente: “Poncio Pilatos y una cafetera son masas cilíndricas verticales”. Para la tradición China esta visión era, a la vez, científica y estéticamente, absurda.

La geometrización del espacio

Ninguna persona con mediana cultura puede negar, hoy día, que la geometrización del espacio tridimensional fue un requisito conceptual ineludible para la ciencia moderna. Todos los científicos, aun si no pretendían expresar artísticamente lo que veían, debían representar un conjunto de formas geométricas en

*Adaptación de José L. Córdova, Depto. de Química, UAM-I



Figura 2: Pintura de la dinastía Yüan, siglo XIII

un espacio uniforme regulado por ejes horizontales y verticales. El psicólogo suizo Jean Piaget intentó probar que esta capacidad es innata y que se manifiesta naturalmente en la etapa “lógico matemática” del desarrollo del púber.

Por otro lado, la historia de los logros humanos artísticos y científicos revela que esta capacidad debe tanto a la natura como a la cultura. La capacidad de visualizar geoméricamente el espacio para los chinos, pongamos por caso, fue menos lógico matemática que para los mismos europeos del Renacimiento. Sólo cambió este enfoque después del siglo XVII, cuando los jesuitas introdujeron los 13 libros de los *Elementos* de Euclides en China. Antes del Renacimiento, los europeos occidentales carecían de esta visión lógico matemática; así lo revelan la mayoría de los ejemplos del arte medieval.

A partir del siglo XVII los científicos comienzan a desarrollar el *espacio geometrizado*; éste es una representación mental y una proyección gráfica que se extiende infinitamente en las tres dimensiones. Los antiguos griegos, los primeros en tratar este problema cuantitativamente, estaban a punto de desarrollar un sistema gráfico adecuado cuando fueron de-



Figura 3: El sitio de Viena por Solimán, 1529

rotados por Roma. Los conquistadores, desafortunadamente, estaban más interesados en la práctica que en la teoría y valoraban sólo la geometría euclídeana en tanto se aplicaba a la tecnología militar. Cuando cayó el Imperio Romano, la geometría teórica había completamente desaparecido. Alrededor del siglo XII no existía ningún lenguaje pictórico por el cual pudieran comunicarse las formas precisas y las posiciones relativas de los cuerpos en el espacio tridimensional.

Los amanuenses medievales continuamente se veían frustrados por su incapacidad de representar volúmenes geoméricos en sus ilustraciones. En la mayoría de los casos los aplastaban mostrando todos los aspectos del objeto al mismo tiempo de forma incongruente. Probablemente este método de representación por aplastamiento sea innato, pues se ha detectado en todos los dibujos de los niños. Sin embargo, esto no implica que todas las pinturas basadas en aplastamientos sean infantiles o ingenuas; algunas de las obras de arte más bellas tienen esta característica, figura 3.

La recuperación de la geometría euclídeana y la óptica

Lo que apartó al arte de la Europa Occidental de



Figura 4: Para los antiguos griegos el acto de ver ocurre cuando los rayos de luz enmarcan al objeto como si éste fuera la base de un cono y el ápex estuviera en el ojo del observador.

este curso “natural” fue la recuperación de la geometría euclideana después de la salida del Islam de Sicilia durante el siglo XII. Los árabes, durante el siglo VII, poseían la mayoría de las obras clásicas griegas y las habían traducido a su propio lenguaje; cuando los monjes cristianos hallaron las obras griegas dejadas por los árabes después de su retiro, las tradujeron al latín con ahínco. Entre éstas se hallaban los 13 libros de Euclides, su *Óptica* y la *Óptica* de Ptolomeo. En el plazo de cien años estas obras fueron traducidas del árabe al latín y comenzaron a difundirse las primeras copias en los centros de estudio de Europa Occidental.

En los trabajos de Euclides, en particular la *Óptica* (traducida al latín como *Perspectiva*, la ciencia de “ver a través”) se presenta la interpretación del acto de ver: éste resulta de la intersección de rayos rectilíneos que enmarcan al objeto como si éste fuera la base de un cono y el ojo fuese el ápex, figura 4. Esta interpretación explica la disminución aparente del tamaño de un objeto cuando se halla lejos del observador.

Quizás el primer occidental en captar el significado metafísico de la óptica geométrica de los griegos fue Robert Grosseteste, rector de la recientemente fundada Universidad de Oxford y, más tarde, obispo de Lincoln. Grosseteste concluyó que el espacio hipotético en el cual Euclides imaginaba sus figuras era completamente homogéneo e isotrópico: el mismo en cualquier lugar y en cualquier dirección. Grosseteste propuso, en consecuencia, que la luz ocupa todo el espacio del universo y se propaga en la misma forma: homogénea e isotrópica. No era, entonces, una casualidad que Dios creara la luz en el primer día: es el medio esencial a través del cual se difunde su divina gracia... según las leyes de la perspectiva.

El franciscano Roger Bacon, discípulo de Grosseteste vinculó de una manera interesante la geometría del Renacimiento con la perspectiva griega. Bacon fue precursor del grupo de Oxford y de París, un conjunto de estudiosos del s.XIV que investigaron las concepciones de fuerza y de sustancia e inadvertidamente debilitaron al aristotelismo y abrieron la vía para una nueva concepción del espacio y el volumen.

Bacon aceptó el modelo de su maestro Grosseteste acerca de la difusión de la gracia divina en el mundo. Puesto que la óptica clásica enseña que los cuerpos luminosos, p.ej. el Sol, propagan la luz en rayos rectilíneos en todas direcciones sin pérdida de sustancia, concluyó Bacon que todos los cuerpos físicos y espirituales actúan en forma semejante. Acuñó la palabra *species* “imagen”. La *species* se multiplica invisiblemente a través del espacio, interactuando con otras *species* llegando a ser una fuerza que provoca un cambio cualitativo sobre las más débiles; así es como el fuego consume a la madera, por ejemplo.

Un cambio revolucionario en la percepción

No sabemos si R. Bacon visitó Asís, donde los franciscanos construían una basílica en honor a San Francisco. Hay evidencia, sin embargo, de que las ideas de Bacon sobre la perspectiva fueron consideradas alrededor de 1290, al pintar los frescos de la nave central, figura 5.

Aunque ignoramos quiénes pintaron estos frescos es incuestionable que rompen con la tradición medieval de figuras palanas, estáticas y lejanas. En los frescos de Asís, el observador tiene la sensación de ser testigo de la imagen verdadera de San Francisco; esta sensación aumenta por la presentación de las piadosas escenas como si estuvieran en la base de la pirámide visual con el ojo en su vértice.

El año de 1425 es muy importante en la historia pues revela la práctica adquirida por los pintores en la perspectiva lineal. En cosa de un siglo este sistema, basado en la disminución aparente de los objetos, la aparente convergencia de las paralelas y los planos, se difundió en toda la Europa cristiana y luego al resto del mundo. Ninguna otra idea conformó tan definitivamente la percepción occidental y debilitó la de otras culturas. Desde entonces y hasta la relatividad einsteiniana todos compartimos la creencia de que la “realidad visual” y la perspectiva geométrica lineal eran una y la misma cosa.

En Florencia, a comienzos del s.XV, los arquitectos y pintores perfeccionaron la primera teorización de la perspectiva que afectaría profundamente al pensamiento científico; a la vez que fundamentaba la geometría proyectiva preparaba el concepto de espacio

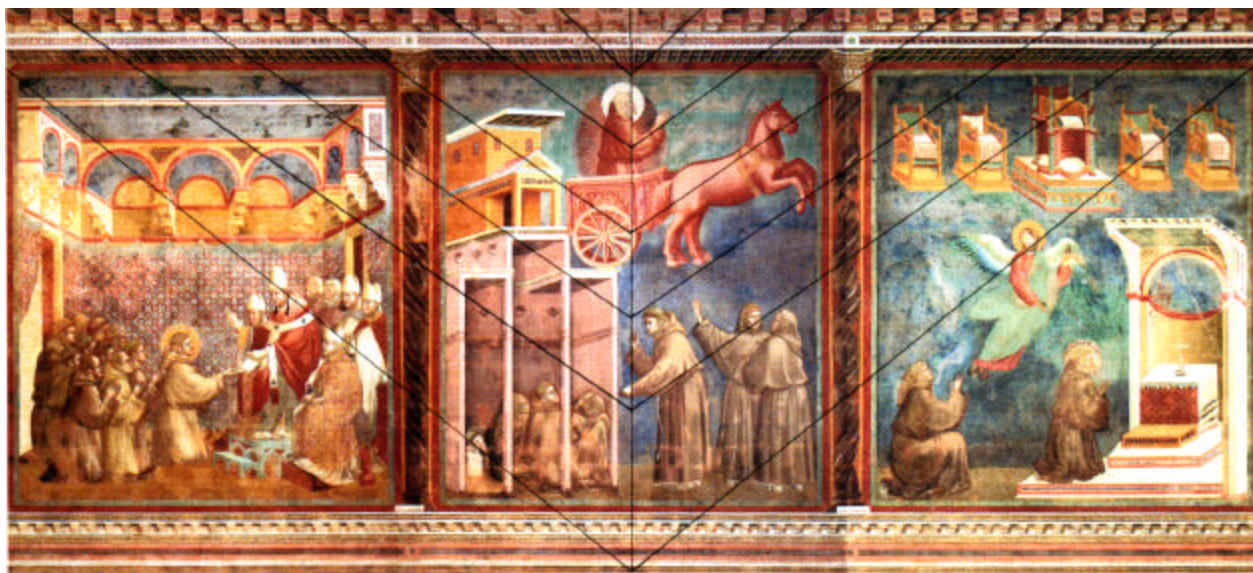


Figura 5: Tres escenas de la vida de San Francisco en las paredes interiores de la Iglesia de San Francisco, Asís, Italia. Las líneas reconstruyen la forma en que los bloques fueron dispuestos geométricamente para aumentar la sensación de cercanía visual.

sobre el que se basaría la mecánica clásica. Gracias a los nuevos métodos de la perspectiva lineal, los artistas fueron capaces de dar “profundidad” a sus frescos y bajorrelieves.

Las obras típicamente medievales proponen un espacio en el que los objetos se yuxtaponen sin tener en cuenta sus relaciones espaciales. Los florentinos del siglo XV, por el contrario crearon un espacio geométrico en el que los objetos ocupan posiciones precisas y se organizan de forma unitaria. Todavía hoy empleamos esta representación que podemos caracterizar de la siguiente manera: el espacio es una especie de receptáculo transparente, tridimensional, homogéneo, isótropo e infinito; para representarlo se debe recurrir a la geometría, al estudio de las proporciones, al cálculo de las dimensiones aparentes.

El Arte como preparación para la ciencia

La siguiente obviedad se suele olvidar fácilmente: para que las teorías de Galileo y Newton pudieran desarrollarse era necesario que las nociones de *tiempo* y *espacio* tuvieran ya cierto rigor. Para Aristóteles existía un centro absoluto del mundo y “lugares” diferenciados hacia los que tendían el fuego, los graves, etcétera. El nuevo espacio, por el contrario, ya no es cualitativo y heterogéneo; es ilimitado y homogéneo, anterior a los objetos que se colocan en él. Pomponius Gauricus, a comienzos del s.XIV dice acerca de la perspectiva: “Puesto que el lugar existe antes de que el cuerpo sea colocado en

ese lugar, necesariamente debe establecerse desde un principio”.

Sin embargo, no debe pensarse que la “geometrización del espacio” se reduce a la perspectiva como si la nueva concepción del espacio se limitara a la invención del punto de fuga. La teoría y la técnica de la perspectiva tuvieron por supuesto gran importancia pero resulta que, tras los razonamientos matemáticos había algo más espontáneo e intuitivo: una nueva manera de ver el mundo, de imaginar sus estructuras y de organizar la percepción. De aquí que las cuestiones geométricas tuvieran mucha importancia durante el s.XIV: iban desde la estética, la óptica, la artillería y la arquitectura hasta la teología.

Los expertos reconocen que el pintor Giotto (ca. 1267–1337) ocupa un lugar importante en la formación del “espacio moderno”, aunque no utilizó la perspectiva de forma sistemática, en *Las bodas de Caná* el efecto de profundidad es evidente. Es en 1425 cuando se producen en Florencia dos acontecimientos decisivos: uno fue la experimentación óptica por Brunelleschi (1377–1446) y el uso riguroso del punto de fuga 7.

Brunelleschi no era pintor, sino orfebre, escultor y arquitecto cuyo mayor logro es la catedral de Florencia, Santa María del Fiore. Para conseguir los efectos de perspectiva Brunelleschi usó los recursos del dibujo de arquitectura donde el observador adopta una situación fija con relación a los objetos que reproduce. Solamente a partir de “un punto de vista” estric-

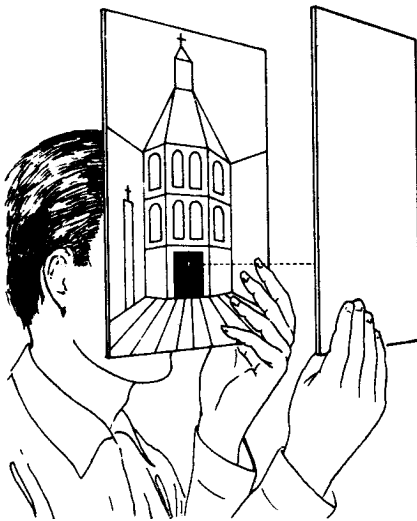


Figura 6: Experimento óptico propuesto por Brunelleschi, 1425.

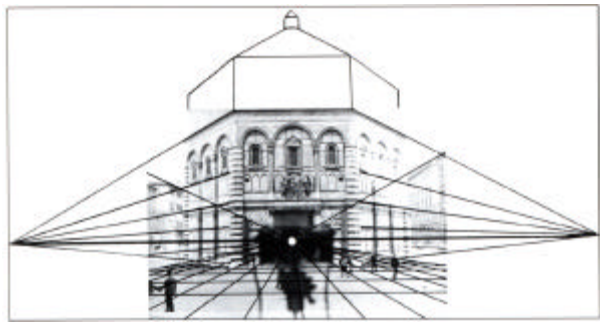


Figura 7: Fotografía del baptisterio de Florencia tomada con la técnica descrita en la figura 6

tamente definido se puede construir geométricamente la ilusión de la tercera dimensión.

Brunelleschi usó un dispositivo como el de la figura 6: el espectador, detrás del cuadro, tenía que mirarlo con un ojo a través de un agujero realizado en el mismo y mirarlo reflejado en un espejo; de este modo el cielo también podía reflejarse en el espejo reforzando el efecto “realista”.

El segundo acontecimiento, como mencionamos, fue el uso riguroso del punto de fuga por Tommaso di Giovanni dei Simone Guidi Masaccio (1401–1428). En la iglesia de Santa Maria Novella de Florencia, se encuentra un fresco, la *Trinidad*, considerado la primera aplicación rigurosa del punto de fuga. Es muy posible que Masaccio se beneficiase de los consejos de Brunelleschi, mayor que él.

León Battista Alberti, primer teórico de la



Figura 8: Masaccio, “La Trinidad”.

perspectiva

Precisemos que la palabra *perspectiva*, en la Edad Media, designaba a la ciencia de la óptica “*perspectiva communis*”; más tarde, en el s.XIV, designó con mayor precisión al conjunto de especulaciones y técnicas de representación “*perspectiva artificialis*” del espacio. En esta evolución, León Battista Alberti (1404–1472) ocupa un lugar preferente... aunque en sus escritos nunca aparece la palabra *prospettiva*. Brunelleschi y Masaccio, prácticos antes que nada, no dejaron ningún escrito explicando sus métodos; Alberti llena esa laguna al escribir en 1435 su tratado *De la pintura*, esencialmente didáctico, donde propone a los pintores una concepción por completo general de su arte. La exposición reposa en sólidos conocimientos de óptica y geometría: la representación del espacio debe estudiarse analizando los triángulos y las figuras formadas por los rayos visuales.

Cuando Brunelleschi representó el baptisterio de Florencia se situó en el eje del pórtico de la catedral, un poco hacia dentro, los bordes del pórtico formaban un marco. Alberti toma y elabora esta idea fundamental en la pintura clásica: el cuadro se concibe como la transcripción de las formas



Figura 9: El dibujante de la mujer acostada.



Figura 10: El dibujante de laúd.

percibidas a través de “una ventana abierta”. Estas formas *se proyectan* sobre el plano ideal definido por los bordes de la ventana. De ahí la siguiente definición: *El cuadro es una intersección plana de la pirámide visual* y el objetivo de la perspectiva es *geometrizar las proyecciones de las líneas rectas más importantes del cuadro*.

Uno puede valerse de un velo muy fino y cuadriculado para reproducir empíricamente los contornos observados; basta localizar mediante una lectura directa las posiciones de algunos puntos clave sobre el enrejado. Durero, en 1525, presenta ésta y otras técnicas, figuras 9 y 10.

Pero este empirismo no satisface a Alberti quien busca una geometrización perfecta. En su tratado Alberti no define el punto de fuga (llamado por él “punto central”), ¿se trata de una ficción matemática? ¿es un símbolo del infinito? La idea de que las paralelas se encuentran en el infinito no es tan sencilla. El mismo Leonardo de Vinci, a fines del s.XV da cuenta de esta dificultad: *Si situamos el ojo entre dos líneas paralelas jamás las veremos a una distancia lo suficientemente grande como para que se encuentren en un punto*. Es necesario esperar a Kepler para que se reconozca la convergencia de las líneas pa-

ralelas en un punto del infinito, e incluso a Desargues (1591–1661) para que se analice explícitamente. Sin embargo, para los pintores estas indefiniciones no eran un obstáculo; la práctica del punto de fuga precedió a la teoría.

Un primer sistema de coordenadas: el pavimento

Es importante recordar que antes de Giotto ya había intentos por representar la profundidad: mosaicos, frescos, paneles. El motivo del techo, sobre todo cuando tenía vigas o artesones, se prestaba fácilmente a una geometrización sugestiva, aunque a menudo presentaban varios puntos de fuga. El pavimento como tablero de ajedrez también era fácil de estructurar; Ambrogio Lorenzetti, en su Anunciación (1344), representó cuidadosamente el piso de baldosas con un único punto de fuga, figura 11. El espacio no está aún totalmente unificado pero existe una escala de valores espaciales: basta contar las baldosas para obtener una “medida” de la profundidad. No es exagerado afirmar que es el primer ejemplo de un sistema de coordenadas que sistematiza el espacio mucho antes de que el pensamiento matemático lo haya propuesto.



Figura 11: Anunciación por Antonio Lorenzetti, 1344. El piso de mosaico es un primer ejemplo de sistema de coordenadas.

La óptica antigua: Euclides y Ptolomeo

Euclides, hacia el 300 a.n.e. había escrito una *Óptica* esencialmente geométrica, basada en la idea de que el tamaño aparente de los objetos está determinado por el ángulo bajo el cual se les ve. Pero no se preocupó por la representación del espacio ni, por tanto, del punto de fuga. Ptolomeo, en el s.II e.c., también escribió una *Óptica*, más cercana a los pintores. Concedía gran importancia a la noción de *rayo central* que servía de eje al cono visual. Este rayo será llamado más tarde por Alberti “el príncipe de los rayos”. Ptolomeo matiza las ideas de Euclides, en lugar de considerar sólo el ángulo visual, también considera las longitudes. Para los renacentistas un objeto “dos veces más grande” es un objeto *cuya medida* sobre el plano de proyección es dos veces mayor, mientras que para Euclides es un objeto que se ve *bajo un ángulo* dos veces mayor.

El occidente medieval ignoró durante mucho tiempo las teorías griegas hasta el siglo XII, cuando se tradujeron al latín los tratados de Euclides y Ptolomeo a partir de versiones árabes. Los mismos árabes contribuyeron en los teóricos medievales (Alkindi, s.IX, Avicena y Alhazen, s.X y XI); Alhazen, por ejemplo, estableció que los rayos visuales emanaban de los objetos e influyó en Robert Grosseteste (1175–1253), Roger Bacon (1220–1292) y John Pecham (s.XIII).

Alberti y sus contemporáneos conocieron esta tradición medieval que se enriqueció con las aportaciones teóricas (imposible aferrarse a la leyenda del “oscurantismo medieval”) que, para asombro del siglo XX, se hallaban dentro de un marco teológico. En efecto, el estudio de los rayos luminosos tenía profundas motivaciones y significados religiosos.

Roger Bacon (ca. 1220–1292) explica en su *Opus Majus* porqué es necesario en el plano religioso un conocimiento que nace de la estructura geométrica de las formas. No basta leer la Biblia para descubrir principios espirituales; también es necesario poder representarse literalmente sus narraciones. El arca de Noé y el templo de Salomón, afirma Bacon, *deben poder verse*. Analizar las líneas, los ángulos, las superficies y los volúmenes con la ayuda de Euclides, es una manera de percibir mejor cómo se manifiesta la sabiduría divina en el mundo visible.

Robert Grosseteste había integrado prácticamente la óptica en la teología. La luz, creada por Dios, en el primer día, se identifica con una forma privilegiada de la energía divina; ilustra cómo se difunde la Gracia entre los hombres. Bacon explicaba que el rayo luminoso llegaba directa y perpendicularmente al ojo como imagen perfecta de la Gracia. Estos razonamientos pueden parecer extraños

pero contribuían, bien que mal, al estudio de la óptica.

Durante el Renacimiento los fenómenos ópticos se interpretaban en sentido simbólico, en consecuencia, una obra de arte manifestaba la preocupación por el mensaje religioso. Aunque sea “realista”, la obra representa un mensaje donde las formas, colores y elementos espaciales tienen significados determinados.

Según Alberti las obras de arte debían contribuir al equilibrio moral del hombre, al contar una historia y proponen un mensaje, la misma organización espacial tiene valor didáctico. Incluso en Newton se encontrarán especulaciones de este género; en su *Óptica*, por ejemplo, explica que el espacio es el *sensorium Dei*, forma de decir que Dios es omnipresente y puede actuar en cualquier instante, en cualquier lugar.

El mundo de los ingenieros y empresarios

Como ya mencionamos, la perspectiva linear de Brunelleschi revolucionó el arte del Renacimiento, primero en Italia y después en el resto de Europa Occidental. Tuvo también una influencia considerable en una profesión común durante esa época: el artista ingeniero. Los practicantes de este oficio se anunciaban como expertos diseñadores de armas, fortificaciones, palacios y monumentos públicos así como de cualquier tipo de maquinaria. Todos conservaron cuadernos de apuntes llenos de bosquejos de sus inventos, más o menos concordantes con las reglas de la perspectiva geométrica; todos esperaban impresionar a un protector que les concediese una *sinecure* vitalicia. Dos de los artistas ingeniero más importantes del siglo XV fueron Francesco di Giorgio de Siena y, obviamente, Leonardo da Vinci de Florencia.

En los dibujos de Giorgio pueden verse tornillos, manivelas, palancas, todos colocados en una pequeña caja abierta por el frente; las paredes, el techo y el piso ayudan al observador a entender exactamente cómo están dispuestas las partes de la maquinaria, figura 12 Pero, como en el caso de Leonardo, muy probablemente, fueron “experimentos pensados” más que máquinas reales.

En la nueva concepción del espacio “racional” también intervinieron otros factores más prosaicos: nuevas prácticas industriales, comerciales y políticas. A partir del siglo X, Occidente conoció una gran expansión de la técnica: molinos de agua, de viento, diversas máquinas y una creciente urbanización. Además se desarrollaron el comercio, la banca y una nueva mentalidad resumida en “ser dueños y señores de la naturaleza”.

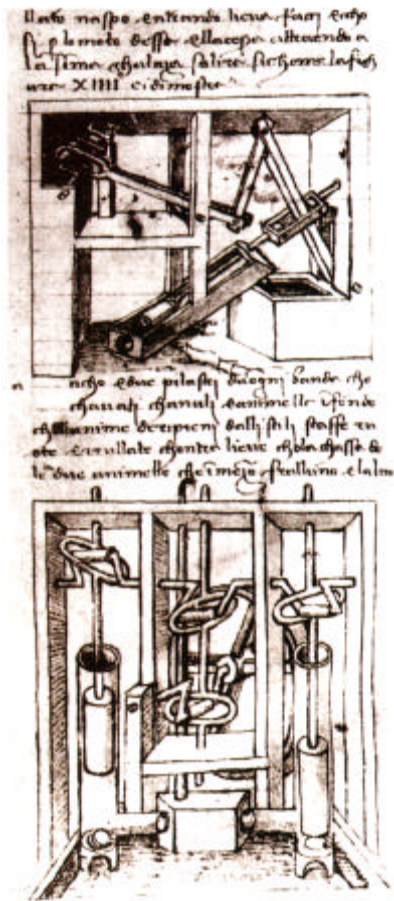


Figura 12: Detalle del folio 42v de Francesco di Giorgio, 1470. Muestra dos diseños de bombas de cigüeñal.

Tanto en el terreno del arte como en el del saber, esta evolución general sumada a la persistencia de los temas teológicos, se traducía en la aparición de nuevos objetivos y de un nuevo estilo. La apertura de los franciscanos, por ejemplo, al nuevo estilo de pensamiento, a las nuevas exigencias de “realismo” es tributaria de una evolución general. Al hacer Nicolás de Cusa (1450) el elogio de *la medida* (en el sentido matemático de la palabra) constata la importancia que adquirió en un mundo de empresarios, artilleros, ingenieros y banqueros.

Las matemáticas, hasta entonces, eran esencialmente teoría; no formaban parte de la vida cotidiana, y los ideales de rigor y exactitud que hoy les atribuimos brillaban por su ausencia. El arte de medir y calcular adquirió importancia por los hombres de negocios. De hecho, los números negativos, desarrollados por indios y persas por el 600 e.c., fueron usados primero en el comercio y sólo siglos después fueron aceptados

por los matemáticos; algunos, de la talla de Cardano, Vieta, Descartes y Fermat, se negaron a trabajar con números negativos.

Los ingenieros requirieron de las matemáticas para hacer “más racionales” sus actividades, así como los artilleros y arquitectos; no hay duda de que el recurso a la medida y al sentido cuantitativo se desarrolló notablemente; en lo anterior, sin duda, intervino la nueva notación numérica de origen persa.

Este énfasis en la cantidad promovió la creación de escuelas de *ábaco* en las que se instruían los futuros comerciantes. Esta enseñanza era laica y práctica, proporcionaba cierta cultura literaria pero se centraba sobre todo en las matemáticas. Se insistía especialmente en al regla de tres denominada “regla de oro” o “llave del vendedor”. Pero la geometría no era menos útil que permitía medir alturas, distancias (con triángulos semejantes), volúmenes de barricas, etcétera.

Piero della Francesca, pintor y autor de un tratado de perspectiva, escribió un manual para comerciantes (s.XV) donde trataba estos problemas. Este desarrollo de las *matemáticas prácticas* en la Italia de los siglos XIV y XV ayuda a comprender por qué y cómo la mirada se “geometrizó”. Descubrir proporciones, identificar triángulos, conos y cilindros es una especie de hábito cultural que llevó a la disposición regular de las terrazas en las colinas toscanas: olivos estrictamente alineados y cepas plantadas en filas paralelas. Otro ejemplo: en 1430 se estableció una frontera rectilínea entre Florencia y Milán completamente “abstracta”; fue la primera vez que una línea matemática imaginaria —más que una referencia física— se reconocía como límite territorial.

Los pintores del Renacimiento establecieron un sistema matemático que les permitió la representación realista de escenas. Fue Piero della Francesca, el mejor matemático de su época, quien aportó los principios clave de la perspectiva geométrica; planeaba todas sus obras como un problema matemático, hasta el último detalle; buscaba la colocación de cada figura de manera que armonizara con las cercanas y con el conjunto. Tanto amaba las formas geométricas que las utilizaba en los sombreros, las partes del cuerpo y otros detalles de sus pinturas. Son numerosas las pinturas que ilustran la excelente perspectiva de Piero della Francesca, la “Flagelación”, figura 13, es una de las mejores; el punto de fuga principal está cerca de la figura de Cristo, con ello dirige la mirada del observador a ese punto, además las figuras están acortadas con cuidado y exactitud, nótese los mosaicos del piso y las vigas. Tan cuidadosamente está planeada la unidad en la composición

de esta pintura que se sacrifica el movimiento de las figuras.

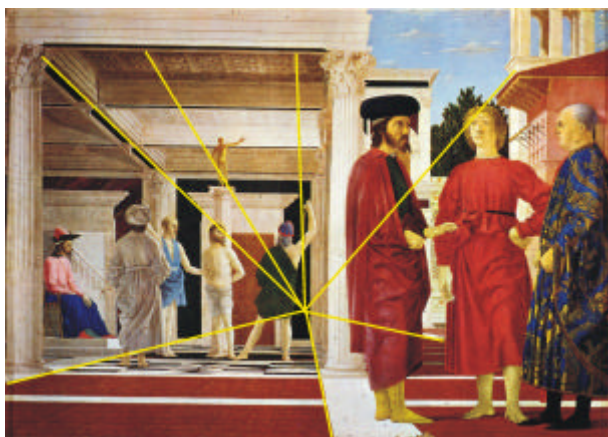


Figura 13: Piero della Francesca, “La flagelación”. Palacio Ducal, Urbino.

En 1400, una copia de la *Geografía* de Ptolomeo llegó a Florencia y fue muy pronto traducida. Brunelleschi y Alberti, tal vez por medio de Toscanelli, sacaron provecho de ella. La idea de utilizar sistemáticamente un enrejado para dividir, medir y representar el espacio (paralelo y meridianos) correspondía a ciertas técnicas ya utilizadas (véanse las figuras 9 y 10) y a los nuevos hábitos culturales. Ptolomeo proponía diversos métodos de proyección cartográfica; el adoptado por Alberti consistía en representar sobre un plano la superficie terrestre donde el ojo del observado se hallaba a una distancia determinada del globo terrestre. Los análisis cartográficos de Ptolomeo parecen conducir directamente a las nociones fundamentales de la perspectiva clásica.

La tecnología del siglo XVI

Cuando maduró el Renacimiento, el desarrollo de las clases superiores de Europa Occidental comenzó a conocer y aprovechar las artes mecánicas, sintió la necesidad de saber cómo funcionan las cosas en el mundo físico.

A partir de 1520 las imprentas publicaron un número extraordinario de libros sobre los temas más diversos: geometría aplicada, arquitectura, minas y metalurgia, pirotecnia, balística, hidráulica, mecánica, así como de anatomía humana, botánica y zoología. Aunque abundaban los diagramas y textos explicativos (de excelente factura) es obvio que estaban dirigidos a gente rica más interesada en conocer la tecnología científica que en su práctica. Sin embargo, a fines del siglo XVIII los libros sufrieron un cambio: se hicieron manuales baratos dirigidos expresamente a los artesanos. A diferencia de los primeros

libros, donde las ilustraciones eran un mero acompañamiento o relleno para aligerar el texto, en el siglo XVI, el texto y las figuras están integrados como nunca lo habían estado.

¿Quiénes fueron los ilustradores que provocaron este cambio en el “pensamiento visual” que influyó eventualmente en Galileo, William Harvey, Descartes y Newton? Ciertamente, la habilidad de estos grabadores y autores de ilustraciones nunca alcanzó los niveles de Francesco di Giorgio o de Leonardo, pero respondían en su medida a la demanda de este tipo de libros.

El ejemplo más notable es *De re metallica* “Acerca de los metales” escrito por Georg Bauer, latinizado como Georgius Agricola, publicado póstumamente en Basilea, Suiza, en 1556. El autor, nacido en Alemania, fue educado aproximadamente en 1500 en Italia donde recibió un grado en medicina. Cuando se hallaba en el centro minero de Joachimsthal, aplicó sus *artes liberales* a los problemas técnicos y de salud del oficio. Su libro es una obra cumbre de los grabados en madera de los artesanos alemanes.

Una de las ilustraciones muestra una bomba recíproca de succión, figura 14, si bien no sigue las propuestas mecánicas de Francesco di Giorgio, sí lo hace con las convenciones del dibujo: el dibujo es claro, transparente y presenta las partes separadas a escala. El observador ve, como si hubiera un agujero en la tierra, la operación de la bomba en la mina. Hay, además, una bomba desmantelada y transparente en la superficie, cada una de sus piezas tiene su descripción en el texto.

Una nueva realidad para la ciencia

¿Qué ocurrió cuando estos libros detalladamente ilustrados llegaron a los científicos entrenados en la perspectiva lineal? El caso de Galileo puede ilustrar este tema. Todos conocen las contribuciones de Galileo a la astronomía, pero pocos saben que estaba también muy interesado en las artes. Sus contemporáneos frecuentemente lo recalaban, Galileo era un hábil pintor y conocía el dibujo de perspectiva. Este conocimiento lo adquirió en su ciudad natal, y fue crucial para sus revolucionarios descubrimientos astronómicos, por ejemplo, la apariencia de la superficie lunar.

A principios del siglo XVII los científicos no tenían ningún motivo para dudar de la afirmación de Aristóteles de que la Luna es una esfera perfecta, forma ideal de todos los planetas y estrellas. El dogma cristiano añadió a esta creencia el símbolo de la Luna para representar la Inmaculada Concepción de María. “Pura como la Luna” era una referencia común a María, lo cual implicaba que

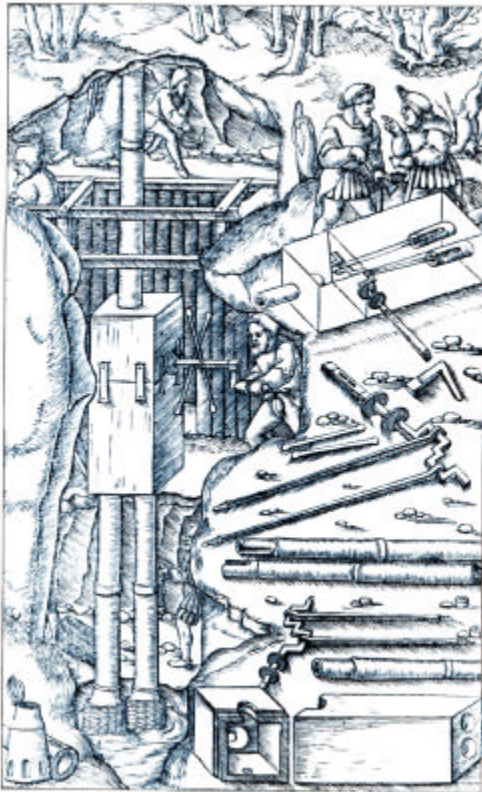


Figura 14: Grabado en madera de *De re metallica*, Georgius Agricola (1556).

el Universo, como ella misma, era incorruptible y perfecto.

En Padua, cerca de Venecia, Galileo conoció el invento flamenco del telescopio en mayo de 1609, al cual mejoró con notable ingenio. Para fin de ese año había construido varios instrumentos que daban 20 aumentos. No hay razones para creer que Galileo esperó hasta tener un instrumento perfeccionada antes de observar la Luna. Su conocimiento de la geometría de las sombras le permitió percibir la topografía irregular de la Luna con sus primeros telescopios, figura 15. ¿Estaba mejor dispuesto el ojo del artista para reconocer los principios universales de la perspectiva geométrica en la Luna? Galileo notó que algunos de los picos lunares estaban iluminados aun cuando la línea de sombra se hallaba en su base; logró convertir el fenómeno en un diagrama geométrico para resolver el problema de la sombra y calcular la altura de las montañas lunares.

Occidente y Oriente: diferencias fundamentales

En la primera década del s.XVII una misión je-

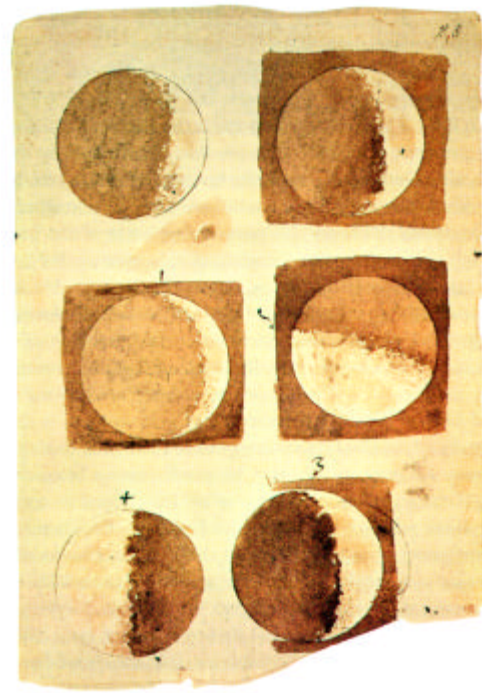


Figura 15: Estudios en sepia de las primeras observaciones lunares por Galileo.

suíta se estableció en Beijing (Pekín) gracias a Matteo Ricci. Ricci estaba convencido de que el estilo de pintura y dibujo del Renacimiento obedecía a principios científicos y racionales semejantes a los que deseaba enseñar a los chinos con la religión cristiana. Convenció al emperador chino de incluir en una biblioteca los tratados cristianos así como lo más reciente en ciencia y tecnología occidental. Estos libros atrajeron la curiosidad de los chinos y, además, inspiraron una antología autóctona con numerosas ilustraciones basadas en los dibujos europeos. En 1627 se publicó en Beijing el libro intitulado *Yüan-hsi ch'i-ch'i t'u-shuo* "Diagramas y explicaciones de extrañas máquinas del lejano occidente". Los dibujos fueron hechos por el converso Philip Wang Cheng y fueron muy populares hasta inicios del siglo XX.

Lo que es intrigante es la forma en que las ilustraciones fueron copiados por los artesanos chinos en la edición de Beijing; aparentemente ellos no leyeron los pies de las figuras o no entendieron las convenciones occidentales de los dibujos. Un ejemplo, figura 16, es el dibujo de una turbina horizontal que mueve cuatro piedras de molino.

Los pocos caracteres chinos que acompañan la figura dicen: "Al observar este dibujo uno concluye que es autoexplicativo; nada más hay que decir". Na-

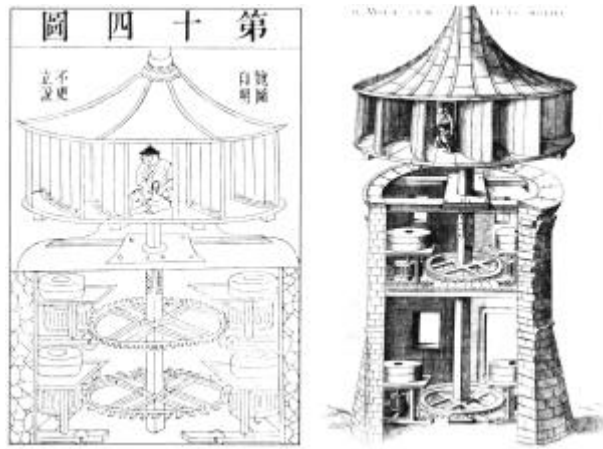


Figura 16: Grabados chino y occidental de una turbina horizontal.

da más alejado de la verdad: el dibujo chino no empleaba las convenciones occidentales para la profundidad, no usaba sombras ni achicaba las figuras en perspectiva. Ningún chino podía interpretar los diagramas europeos ni tenía recursos para indicar, por ejemplo, donde se conectaban los álabes de la turbina con el eje o cómo se relacionaban las piedras de molino con el eje.

A decir verdad, los libros acerca de tecnologías fueron publicados en China mucho antes que en Occidente. La impresión, después de todo, era una artesanía china desde el siglo IX. En 1103, cuando los europeos copiaban laboriosamente las ilustraciones, Li Hieh publicó un grueso libro acerca de la construcción de edificios, *Ying-tsoo fa-shih* "Manual de arquitectura práctica", más de mil páginas profusamente ilustradas. Una segunda versión, preparada en 1145 fue reimpresa todavía a inicios del s.XX. Una de las ilustraciones, figura 17, muestra dos sistemas de ménsulas que soportan las cornisas en la arquitectura china.

Como es usual en los diagramas técnicos y científicos chinos anteriores al s.XVIII, no hay escala; los autores no intentaban que los dibujos fueran base de mediciones o de plantillas proporcionales. Estas ilustraciones no estaban dirigidas a artesanos, quienes conocían perfectamente cómo construir cornisas sin necesitar planos detallados, estaban dirigidas a un mandarín supervisor como un libro de referencia. Aunque el artista, en este caso, sí conocía claramente aquello que representaba no había forma de que alguien ajeno a esa técnica pudiera fabricar las ménsulas y la cornisa a partir del diagrama.

Conocer la mente de Dios

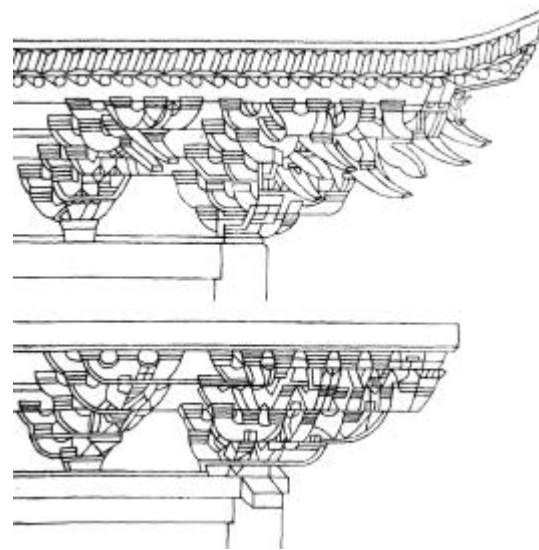


Figura 17: Grabados en madera de dos sistemas de ménsulas, 1145.

No hay duda de que los libros técnicos ilustrados y lujosamente impresos en China fueron elaborados para una clientela aristocrática que nunca harían un trabajo manual, por ejemplo, los mandarines. Sin embargo, la diferencia fundamental radica en una tradición única enraizada en el cristianismo medieval. Antes del siglo XII los primeros padres de la iglesia vieron en la geometría euclídea los procesos mentales de Dios; la geometría, junto con la aritmética, la astronomía y la música, hablaban el lenguaje con el que Dios inscribió las leyes naturales del Universo.

En consecuencia, las máquinas y equipos eran manifestaciones prácticas del mensaje divino, la élite gobernante de Europa y de la recién conquistada América, veía como responsabilidad religiosa apoyar proyectos relacionados con las matemáticas, especialmente, la geometría. Los libros de arquitectura y de máquinas tenían un propósito casi evangélico: mostrar que la clase gobernante cumplía con su misión natural de vigilar y propiciar el plan divino.

La perspectiva lineal fue aceptada rápidamente en la Europa Occidental durante el s.XV puesto que los cristianos, al ver una obra de este género, veían una réplica de la estructura subyacente a la realidad que Dios había creado. En el s.XVII, Galileo, Descartes y Newton confirmaron que la perspectiva lineal se adapta a los procesos ópticos y fisiológicos de la visión humana; con ello apoyaban la idea cristiana, a la vez que reforzaban el optimismo por el control y la comprensión de la Naturaleza.

La habilidad que los artistas ingenieros mostraban al dibujar sus planos geométricos en el papel era una prueba de que habían sido ungidos como administradores de la obra de Dios.

Conclusiones

Tradicionalmente, el estudio de los orígenes de la perspectiva ha sido realizado por historiadores del arte, pero es muy deseable que los historiadores de la ciencia, cuando aborden el problema del espacio en los inicios de la ciencia moderna den lugar a los artistas. La elaboración de la perspectiva lineal es un episodio importantísimo de la historia del pensamiento científico. Cuando los arquitectos y pintores del Renacimiento comenzaron a descubrir un espacio infinitamente desplegado, el pensamiento abstracto empezaba a abandonar definitivamente la visión aristotélica donde la Tierra era el centro absoluto de la esfera celeste.

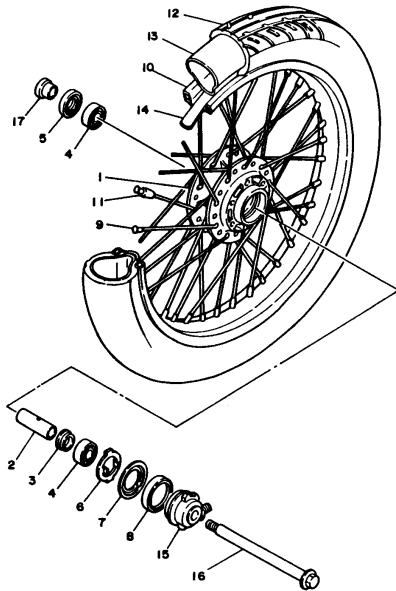


Figura 18: Diagrama de explosión tomado de un manual de mantenimiento de una motocicleta. Emplea las convenciones de perspectiva elaboradas durante el Renacimiento Italiano.

Independientemente de si la visión renacentista, con su noción de dominio de la Naturaleza por el conocimiento de las leyes, ha sido benéfica o dañina, no hay duda de cualquier persona con cierta cultura debe ser capaz de leer e interpretar un diagrama, como el de la figura 18, basado en las convenciones de la perspectiva desarrolladas durante el Renacimiento Italiano.

Bibliografía

1. Kline, Morris. *Matemáticas para los estudiantes de humanidades*. Fondo de Cultura Económica. México, 1998.
2. Murray, Peter y Linda. *El arte del renacimiento*. Editorial Hermes, S.A. México, 1964.
3. Thuillier, Pierre. *De Arquímedes a Einstein*. Alianza Editorial. México, 1990.
4. Edgerton, Samuel Y. *Art, Science, and the Renaissance Way of Seeing*. Science & Future, Enc. Britannica, Inc. USA, 1994.
5. Mankiewicz, Richard. *Historia de las matemáticas*. Paidós, Barcelona, 2000.