

ENRIQUE CHIANCONE

LEONARDO DA VINCI

EN LA CIENCIA Y EN EL ARTE DEL INGENIERO



LEONARDO DA VINCI

EN LA CIENCIA Y EN EL ARTE DEL INGENIERO

EDUARDO DA VINCI

IN UNO DEI SUOI LIBRI

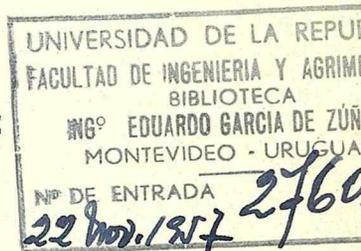
1234

LEONARDO DA VINCI

EN LA CIENCIA Y EN EL ARTE DEL INGENIERO

Por el Prof. Ing.

ENRIQUE CHIANCONE



Obra encomendada al autor por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería y Agrimensura, con motivo de la conmemoración del V Centenario del nacimiento de Leonardo.

SIBOR

MONTEVIDEO

MCMLVII

ROMARDO DA VINCI

COMPRADO EN LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE

PROPIEDAD LITERARIA

UNIVERSIDAD DE CHILE

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE

Este libro es propiedad de la Universidad de Chile y no puede ser vendido, prestado o cedido a terceros sin el consentimiento de la Universidad de Chile.

920
Ch5322

3
SERVICIO DE
BIBLIOTECA

INDICE

INTRODUCCION

Lista de los Códices	13
Historia de los Manuscritos	15
Fechas Principales	19
Prólogo	23

I. — LA HERENCIA Y EL AMBIENTE

La Tierra de los Prodigios	27
Los Maestros	37
Luces y Sombras	53

II. — LA CIENCIA

El Quadrivium	67
La Ciencia Nobilísima	83
La Belleza del Mundo	99

III. — OBRAS DE ARTE FUERA DE LOS MUSEOS

El Espejo del Sol	113
Tierra y Cielo	125
Las Marcas del Tiempo	149

IV. — EL FRUTO MATEMATICO

Las Máquinas de Paz	161
Las Máquinas de Guerra	179
Excelsior	201



MEMORANDUM FOR THE DIRECTOR, NATIONAL SECURITY AGENCY

Subject: [Illegible]

Reference is made to [Illegible]

[Illegible text block]



Universidad de la República O. del Uruguay
Facultad de Ingeniería y Agrimensura
Montevideo

Montevideo, 3 de diciembre de 1954.

Nota N. 27.730

Señor Ingeniero Civil

Don ENRIQUE CHIANCONE

Me es grato poner en su conocimiento, a sus efectos, que el Consejo Directivo de esta Facultad en su sesión del 23 de Noviembre ppdo., al considerar el informe de la Comisión Especial que estudió el trabajo que Ud. presentó, y que le fué encomendado por esta Casa de Estudio, sobre el tema "LEONARDO DA VINCI EN LA CIENCIA Y EN EL ARTE DEL INGENIERO", resolvió por unanimidad de votos aprobar dicho informe y autorizar la publicación de dicha obra.

El informe de la Comisión Especial es el siguiente:

"COMISION ESPECIAL DESIGNADA POR EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD PARA ESTUDIAR EL TRABAJO ENCOMENDADO AL SEÑOR INGENIERO ENRIQUE CHIANCONE SOBRE EL TEMA "LEONARDO DA VINCI EN LA CIENCIA Y EN EL ARTE DEL INGENIERO". En el Decanato de la Facultad de Ingeniería y Agrimensura, a diez y seis de noviembre de mil novecientos cincuenta y cuatro, a la hora once, se reúnen los Señores Doctor Héctor J. Rossello, e Ingenieros Luis Giorgi y Germán Villar, Miembros de la Comisión Especial designada por el Consejo Directivo de la Facultad para estudiar el trabajo encomendado al Señor Ingeniero Enrique Chiancone sobre el tema "Leonardo Da Vinci en la Ciencia y en el Arte del Ingeniero". Después de deliberar sobre la impresión que les produjo la lectura de la obra, resuelven manifestar: La Comisión se complace en expresar su impresión muy favorable sobre el trabajo realizado por el Ing. Enrique Chiancone, relativo a las actividades de Leonardo da Vinci en la Ciencia y en el Arte del Ingeniero; y estima

“oportuno destacar el ordenamiento general, la documentación referente al tema desarrollado y la exposición correcta y fluida que da a dicho trabajo un particular interés. La Comisión considera por ello que la labor realizada por el Ingeniero Chiancone honra a su autor, así como a la Entidad Universitaria que tuvo la feliz idea de encomendarle su realización. Por las razones expuestas, esta Comisión estima de gran interés la difusión del trabajo del Ingeniero Chiancone, por lo cual aconseja su publicación. (Firmado) Doctor Héctor J. Rossello, Ingeniero Luis Giorgi e Ingeniero Germán Villar.”

Con mis congratulaciones por la honrosa resolución del Consejo que me complazco en comunicarle, saludo a Usted con mi más distinguida consideración.

ING. CARLOS BERTA
Decano

DONATO CHIACCHIO
Secretario

INTRODUCCION

LISTA DE LOS CODICES

Código	Año	Lugar	Contenido	Pág. Total
Wr.	1506-08	Weimar Schloss Museum	Dibujos anatómicos	2
Mch.	(?)	Munich Pinacoteca		2
N. Y.	1495-	Nueva York Metropolitan Museum	Dibujos varios	2
A.	1492-	Instituto de Francia	Acústica. Temas varios	123
B.	1486-90	„	Máq. de guerra. Temas varios	168
C.	1490-	„	Luz y Sombra	56
D.	1508-	„	Ojo humano	20
E.	1513-14	„	Mecánica. Temas varios	160
F.	1508-	„	Hidráulica. Acús. Anatomía	192
G.	1510-15	„	Aerología. Temas varios	186
H.	1493-94	„	Hidráulica. Latín. Temas varios	282
I.	1497-99	„	Gramática Latina. Temas varios	278
L.	1499-1503	„	Dibujos y Temas varios	188
M.	1496-1500	„	Id. Id.	188
B. N. 2037	1488-89	„ Ashburnham I	Temas varios	26
B. N. 2038	1492-	Instituto de Francia Ashburnham II	Temas varios	68
P.	1480-1500	Louvre. Colección Vallardi	Dibujos y notas de aerología	2
P. A.	1483-85(?)	Paris. Ecole De B. Arts	Notas y dibujos máquinas bélicas	2
B. B.	1479- 1493-94(?)	Bonnet-Bequest Bayona	Dibujos	4

Código	Año	Lugar	Contenido	Pág. Total	
S. K. M. I ²	1489-	Londres.-Victoria and - Albert Mus.	Máquinas. Temas varios	28	
S. K. M. II	1495-97	„	Mecánica. Dib. Temas varios	316	
S. K. M. III	1490-93	„	Mecánica. Acúst. Temas varios	176	
S. K. M. I ¹	1505-	„	Tratado de Estereometría	76	594
W.	1489-1516	Windsor. Biblioteca Real	Dibujos. Mapas. Anatomía.	408	408
Br. M. Arundel	1504-08	Londres. British Museum	Varios temas	566	566
Br. M. P.	(?)	British Museum Printroom	Dib. Anatomía. Máqu. de guerra	4	4
Leic.	1504-06	Londres. Bibliote- ca Leicester	Hidráulica. Temas científicos	72	72
Ox.	(?)	Oxford. Biblioteca Christ Church	Dibujos	6	6
C. A. Atlántico	1483-1518	Milán. Biblioteca Ambrosiana	Dibujos y temas varios	1222	1222
Triv.	1487-90	Milán. Castillo Sforzesco	Mecánica. Máqui- nas.	102	102
Trn.	1505-	Turín. Biblioteca Real	Trat. s. Vuelo de los Pájaros	26	26
F. U.	1473-78	Florenia. Galería degli Uffizi	Temas varios Dibujos	4	4
F. L.	(?)	Florenia. Bibl. Laurenziana	Arquitectura de F. Di Giorgio, notas de Leonardo	7	7
V.	1511-	Venecia. Academia	Notas de Mecáni- ca. Dibujos	10	10
Mi. A.	(?)	Milán. Gal. Bib. Ambrosiana	Dibujos anatómicos	2	2
Mod.	1507-	Módena. Arch. Palatino	Carta a Hipólito D'Este	2	2
P. H. N.	(?)	Príncipe Enrique de Holanda	Perspectiva y di- bujos varios	2	
Mo.	(?)	Stefan Zweig	Máquinas belicas	2	
G. H.	(?)	Geigy - Hagen- bach. - Basilea	Dib. geométricos. Croquis de basílica	2	6

Número total de páginas contenidas en los Códices 4983

HISTORIA DE LOS MANUSCRITOS

Francisco Melzi, el fiel discípulo de Leonardo, heredó todos los instrumentos y los manuscritos del Maestro; y en 1570, habiendo fallecido Francisco Melzi, los instrumentos y los manuscritos pasaron a su hijo, el Dr. Horacio Melzi.

Los instrumentos se perdieron y 13 volúmenes de manuscritos fueron donados por Horacio Melzi a Juan Ambrosio Mazenta (1587). Además, gran cantidad de hojas fueron cedidas al escultor Pompeo Leoni y a otras personas que las solicitaron.

De los 13 volúmenes donados a Mazenta, 7 fueron devueltos a Melzi, quien las donó a Pompeo Leoni; uno fue cedido a Federico Borromeo, otro a Carlos Emanuel de Saboya y otro a Ambrosio Figini. Pompeo Leoni adquirió los tres que quedaban, los unió a los otros siete y a las demás hojas de dibujos y anotaciones que había recibido de Horacio Melzi y formó con el conjunto tres gruesos volúmenes.

El mayor de ellos constituyó el *Códice Atlántico*.

El conde Galeazzo Arconati, noble erudito milanés, adquirió al heredero de Pompeo Leoni el *Códice Atlántico* y lo donó a la Biblioteca Ambrosiana de Milán, junto con otros once Códices compuestos con manuscritos que había conseguido reunir. (1637).

Y como en 1674 el conde Horacio Archinti donó otro Códice más, la Biblioteca Ambrosiana poseyó un conjunto de trece Códices.

Tomás Howard, conde de Arundel y Embajador de Inglaterra en Madrid allá por el año 1636, adquirió por cuenta propia y del rey Carlos I otro de los volúmenes de Pompeo Leoni y todos los dibujos y manuscritos que pudo encontrar en España, donde aquél los había llevado.

Lo adquirido por el Conde de Arundel se dividió entre el Castillo de Windsor y la Sociedad Real. En 1831 la Sociedad Real donó los dibujos y los manuscritos de Leonardo que ella poseía al British Museum, y allí se encuentran con el título de *Códice Arundel* 263.

Parte de los manuscritos dispersos constituyeron dos Códices más: uno lo compró el Príncipe Trivulzio y se encuentra en el Castello Sforzesco de Milán; otro lo compró Lord Leicester para su Biblioteca.

De modo que a principios del Siglo XVIII los manuscritos de Leonardo estaban repartidos en la siguiente forma:

- a) En Milán: El Códice Atlántico y 12 Códices más, en la Biblioteca Ambrosiana.
- b) En Inglaterra:
 - 1 Códice en el Castillo Real de Windsor.
 - 1 Códice en la Sociedad Real.
 - 1 Códice en la Biblioteca de Lord Leicester.
- c) Varios Códices dispersos.

A fines del Siglo XVIII, durante la Campaña de Italia, los manuscritos de la Biblioteca Ambrosiana fueron asportados y llevados a Francia (1796); el Códice Atlántico fue depositado en la "Bibliothèque Nationale", los otros doce Códices, en el "Institut de France".

Al año siguiente llegó a Francia Juan Bautista Venturi, el célebre físico, como representante diplomático del Duque de Módena. Venturi estudió los Códices asportados de Italia, descubrió la obra científica de Leonardo y la hizo conocer al mundo por medio de una comunicación al Instituto de Francia titulada "Essai sur les ouvrages phisico-mathématiques de Léonard de Vinci, avec des fragments tirés de ses manuscrits apportés d'Italie". (1797).

Juan Bautista Venturi designó cada Códice con una letra, de A a N; N designaba el Códice Atlántico. Eran 13 Códices, según dijimos, pero Venturi contaba catorce porque el B contenía un apéndice de 18 hojas que se podían separar y considerar a este apéndice como un Códice distinto.

A la caída de Napoleón, el Imperio Austro-Húngaro volvió a ocupar la Lombardía y exigió la devolución de todas las obras que la invasión francesa había asportado de Italia. Entre ellas estaban los manuscritos de Leonardo; pero el Delegado austríaco sólo recuperó el Códice N (Códice Atlántico), no sabiendo que existían otros doce en el Instituto de Francia. Estos últimos quedaron en Francia y el Códice Atlántico volvió a la Biblioteca Ambrosiana de Milán. (1815).

Los que quedaron en Francia fueron estudiados por Guglielmo Libri, célebre historiador, profesor de la Universidad de Pisa e Inspector General de las Bibliotecas de Francia (1842). Libri retiró muchas hojas de los Códices; parte fueron vendidas a Lord Ashburnham y más tarde recuperadas por el "Institut", y parte (16 hojas) se han perdido.

Las 18 hojas del Códice B, que Venturi consideraba como un Códice más, formaban un conjunto que se llamó "Códice sobre el Vuelo de los Pájaros". Trece de estas hojas fueron vendidas por Libri al conde Giacomó Manzoni, el cual las cedió a un erudito ruso, el príncipe Teodoro Sabachnikoff quien, a su vez, las donó a la reina Margarita de Saboya. Las otras cinco hojas se perdieron.

Posteriormente estas cinco hojas fueron recuperadas: una por el mismo Sabachnikoff y las otras cuatro por un erudito suizo, Enrique Fatio; y, por donación de Sabachnikoff y Fatio a la reina Margarita, las cinco hojas se reunieron a las otras trece, completando así las 18 hojas del *Códice sobre el Vuelo de los Pájaros* que ahora pertenece a la Biblioteca Real de Turín.

Y, por último, otros tres Códices de los dispersos se encontraron en Viena a mediados del siglo pasado. Los tres fueron adquiridos por el escritor inglés Lytton-Bulwer quien los dejó en herencia a John Forster, el cual —a su vez— los donó al Kensington Museum —actualmente Victoria and Albert Museum— de Londres.

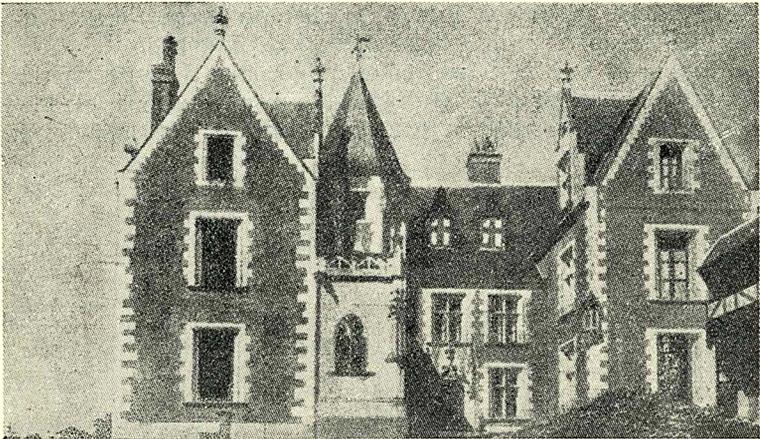
Si bien no se han encontrado todos los manuscritos dispersos, el contenido de muchos de ellos se conoce por las copias. El de las hojas asportadas por Libri y que no han podido recuperarse se deduce de las copias hechas por Venturi pertenecientes a la Biblioteca Comunal de Reggio Emilia. El conjunto de manuscritos originales de Leonardo que componían el Tratado de las tres grandes Artes: Pintura, Escultura y Arquitectura, cuya copia había adquirido Benvenuto Cellini "*a un póvero gentiluomo per 15 scudi di oro*", no existe más; pero desde el 1657 la Biblioteca Vaticana posee una copia manuscrita de los preceptos de Leonardo relativos a la Pintura (*Urbinas 1270*), — la cual fue publicada por primera vez en París durante el año 1651.

Esta edición, debida a Rafael Trichet du Fresne, era en italiano y tenía por título "*Trattato della Pittura di Leonardo da Vinci nuovamente dato in luce*", y siguió a la publicación de otros manuscritos de Leonardo relativos a la Hidráulica, recopilados por el P. Luigi Maria Arconati y editados en 1642 con el título: *Trattato del moto e misura dell'acqua*.





La casa donde nació Leonardo.



El Castillo de Cloux donde murió Leonardo.

FECHAS PRINCIPALES

- 1452.—(15 de Abril) Nace Leonardo de Ser Piero da Vinci y Caterina.
- 1466.—Leonardo entra en el taller de Verrocchio.
- 1468-70.—El “Bautismo de Cristo” de Verrocchio. — El Angel.
- 1472.—Inscripción en la Corporación de los Pintores.
- 1473.—El primer dibujo que se conserva: un paisaje.
- 1474.—Máquinas de guerra. — “La Anunciación”.
- 1478.—“Las dos vírgenes Marías”.
- 1481.—(Marzo) Contrato para la “Adoración”.
- 1483.—En Milán. — Carta a Ludovico el Moro. — Tratado de la Anatomía del caballo y preceptos para la fusión en bronce. — Sociedad con Ambrosio y Evangelista De Predis. — La “Virgen de las Rocas. — Comienzo del Monumento a Francisco Sforza. — Máquinas de guerra. — Puentes Móviles.
- 1490.—En Pavía con Francesco Di Giorgio. — En el taller —con Marco D'Oggiono, Césare da Sesto y Giovanni Boltraffio— entra Salái; tiene 10 años de edad y quedará con Leonardo hasta los treinta y cinco años. — Perspectiva. — Los fósiles. — Tratado de la Pintura. — Luz y Sombra. — Mecánica.
- 1493.—Exhibición del Monumento a Sforza. — Terminación de la “Virgen de las Rocas. — Litigio. — Palabras para un diccionario italiano.
- 1493.—Comienza “La Cena”. — Proyecto de diccionario latino. — Gramática latina. — Hidráulica. — Mecánica. — Caterina (la madre?) llega a Milán.
- 1495.—Muerte de Caterina.
- 1498.—Mecánica. — Terminación de “La Cena”.
- 1499.—(Diciembre) Sale de Milán.
- 1500.—(Febrero) En Mantua. — (Marzo) En Venecia. — (Abril). — En Florencia. — Destrucción del Monumento a Francesco Sforza.
- 1502.—Con César Borgia. — (Mayo) en Piombino. — Estudio del movimiento de las olas. — (30 de Julio) En Urbino. — Pérsaro. — Rímíni. — (11 de Agosto) Cesena. — Puerto Cesenático. — (18 de Agosto) Decreto de César Borgia desde Pavía nombrando a Leonardo Ingeniero militar. — (Setiembre) En Imola. — Puente de Pera en Constantinopla.

- 1503.— De nuevo en Florencia. — Proyecto del Canal del Arno. — Proyecto del canal de Vico a Livorno. — Cartones de la “Batalla de Anghiari”. — Estudios para “Leda”.
- 1504.— (Enero) Miembro de la Comisión para el emplazamiento del *David*. — Hidráulica. — Teoría del vuelo. — Muerte de Ser Piero da Vinci.
- 1505.— Preparación para el fresco de la “Batalla de Anghiari”. — (600 libras de yeso; 90 de colofonia y 11 de aceite de linaza). Vuelo de los pájaros. — Estereometría.
- 1506.— (1 de Junio) De nuevo en Milán. — Fin del litigio de la “Virgen de las Rocas”, comenzado en 1493. — Monumento a Trivulzio. — Carta de D’Amboise a los Piores y al Gonfalonero.
- 1507.— (Enero) Carta de Luis XII “a nos tres chers et grands amys, alliez et confederez”. — Vuelta a Florencia para el litigio con los hermanos por la herencia del padre (setiembre). — En casa de Piero di Braccio Martelli con el escultor Rústici.
- 1508.— De nuevo en Milán. — Tratado del ojo humano. — Hidráulica. — Anatomía y filosofía. — Prolongación del Canal de la Martesana para unir Milán con el Lago de Como. — Meditaciones sobre la amistad, la soledad y la guerra. — “La guerra es la más bestial de las locuras”. — (*la più bestiale delle follie*).
- 1505.— Pacioli publica “De Divina Proportione” con 60 ilustraciones de Leonardo.
- 1510.— Termina Santa Ana. — Estudio de las corrientes de aire. —
- 1511.— Continúa sus estudios de Anatomía con la ayuda de Marco Antonio Della Torre.
- 1513.— (Setiembre) Parte de Milán para Florencia con Melzi, Salaí, Lorenzo y el Fanfoia, sus discípulos. — (Diciembre) Parte de Florencia para Roma. — Anatomía. — Espejos. — Máquina para acuñar monedas. — Mecánica.
- 1514.— (Setiembre-Diciembre). En Parma. — Proyecto de Saneamiento de los Pantanos Pontinos.
- 1515.— (9 de Enero) Partida de Julián de Médicis.
- 1516.— Muerte de Julián de Médicis. — (Otoño) Leonardo parte para Francia.
- 1517.— (Mayo) Leonardo en Amboise.
- 1518.— (Enero) Proyecto del Canal del Centro. — Saneamiento de la Sologne. — Última anotación: 24 de Junio de 1518.
- 1519.— (23 de Abril) Testamento. — (2 de Mayo) Muerte de Leonardo. — Sepultado el 12 de Agosto en la Capilla Real de Saint Florentin d’Amboise.

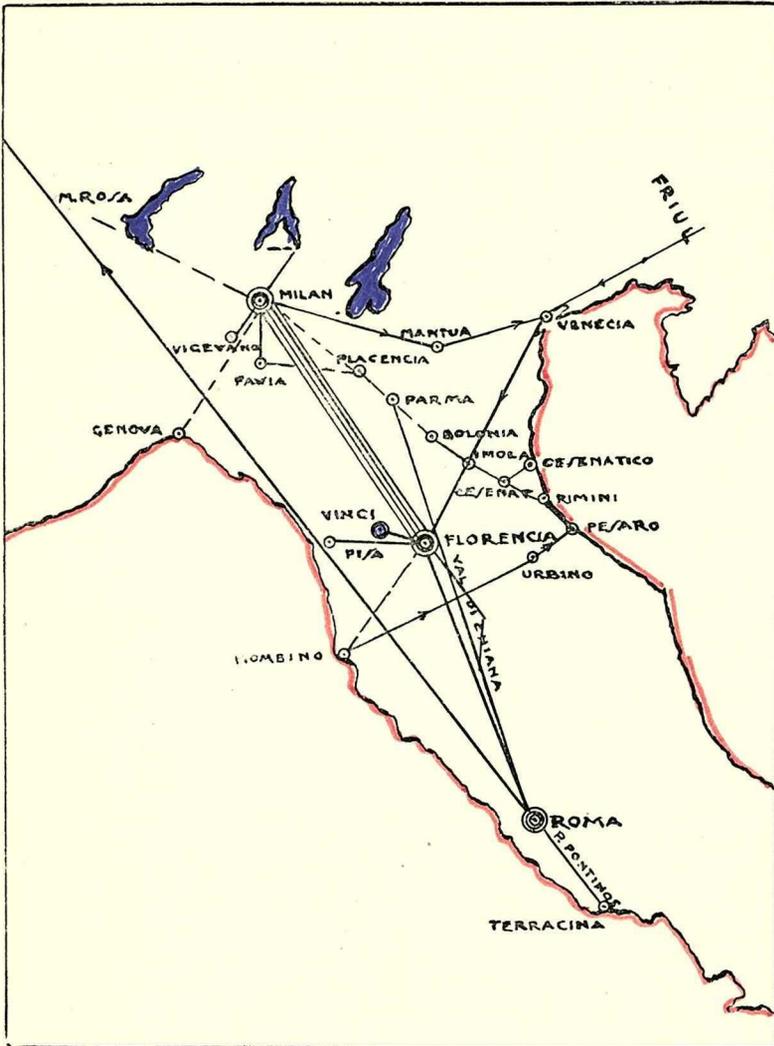
- 1562-72.— Las guerras de religión violan las tumbas y mezclan los restos de la Capilla Real de Saint Florentin.
- 1793.— La revolución Francesa los dispersa.
- 1796.— (24 de Mayo) Trece volúmenes manuscritos de Leonardo son asportados de la Biblioteca Ambrosiana por orden de Napoleón y llevados a la "Bibliothèque Nationale" y al Institut de France", en París.
- 1797.— Juan Bautista Venturi, ilustre físico, descubre en los manuscritos la obra científica de Leonardo.
- 1815.— El Imperio Austro-Húngaro exige la devolución de los manuscritos. — El Delegado Austriaco retira sólo el Códice Atlántico de la "Bibliothèque Nationale", "*a l'exception de neuf volumes mss. de Leonardo, lesquels ne seraient point arrivés a la Bibliothèque*". — Quedan doce Códices en el Instituto de Francia.
- 1874.— El nuevo propietario del Castillo de Amboise, Conde de París, dispone reunir los restos esparcidos por las Guerras de Religión y por la Revolución Francesa en una sola urna y sepultarlos bajo una lápida con el siguiente epitafio:

Bajo esta piedra
Descansan los huesos
Recogidos en las
Excavaciones de la antigua
Capilla Real de Amboise
Entre los cuales se supone
Que se encuentran los despojos
Mortales de
LEONARDO DA VINCI



UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

ESQUEMA DE LOS VIAJES DE LEONARDO EN ITALIA



... a manera de un joven cíclope, ebrio, con la mocedad, de los laboriosos instintos de su raza, recorre la Italia de aquel tiempo como su aniro, meciendo en su cabeza cien distintos proyectos...

José Enrique Rodó

...quello che tu vedi da la riva
Lontano, insin che l'occhio te ci arriva
Pare chi sa che cosa, e invece é niente.

Che lí poi cammina' quanto te pare:
Piú cammini e piú trovi l'infinito,
Piú giri e piú ricaschi in arto mare.

Séguiti a cammina'mijara d'ora...
Dove c'é er celo te pare finito,
invece arrivi lí comincia allora.

Césare Pascarella

(“La Scoperta de l'América”)

PROLOGO

Los versos con que el poeta romano describía la inmensidad del mar podrian traducirse con cierta aproximación del siguiente modo:

“La extensión de agua que tú ves desde la orilla hasta donde alcanza la vista, aunque parezca muy grande, es una ínfima parte del Océano; si navegas por él, tendrás la sensación del infinito: podrás navegar días, días y días y nunca verás el fin; crees que terminará donde está el cielo, mas cuando llegas allá, recién comienza.”

Estos versos, traducido en mala prosa, vienen a la mente ante las obras de Leonardo. Observando “desde la orilla” — me sea permitida la expresión — sus manifestaciones artísticas nos parecen sublimes, y, sin embargo, ellas no son más que una parte — y no la mayor — de su genio. Al abordar el estudio de los manuscritos, tenemos la sensación de la inmensidad, nos sentimos pequeños ante el poder de una mente gigantesca, ante una vastedad tan grandiosa que parece dilatarse cada vez más a medida que nos internamos en ella.

Vemos, entonces, que el manto de belleza con que Leonardo cubre la profundidad de su genio es sólo lo aparente, advertimos que cuando nos deteníamos sólo en lo aparente fragmentábamos la maravillosa síntesis que el genio supo realizar, y perdimos lo que hay en él de más bello y más grande: el poder creador universal, producto de la armonía perfecta entre la dulzura del sentimiento y el poderoso vigor del razonamiento.

Por eso, al desarrollar el tema indicado por el Consejo de la Facultad de Ingeniería, y al poner en mayor luz uno de los aspectos del genio creador, he evitado fragmentar aquella maravillosa unidad. Y, al mismo tiempo, para que desde la Facultad se irradie hacia el gran público la obra de nuestro glorioso Precursos relacionada con el Arte y la Ciencia del Ingeniero, he tratado que ese desarrollo fuese accesible a quienes están alejados de las disciplinas y de los problemas de nuestra profesión.

Agradezco profundamente al ex Decano de la Facultad de Ingeniería, Ing. Luis Giorgi, por haber propuesto que se me designara para desarrollar este tema, y al Consejo de la misma Facultad por haberme concedido ese alto honor.

Ing. Enrique Chiancone



I

LA HERENCIA Y EL AMBIENTE

LA TIERRA DE LOS PRODIGIOS

Los Montes Metalíferos separan el valle del Arno del valle del Tiber; ambos valles forman en realidad una sola cuenca cerrada por el Mar Tirreno y el gran arco de los Apeninos, donde, entre el azul de las montañas lejanas y el azul del mar, la Madre Tierra despliega todas las galas de sus bellezas en las dulces colinas y en las horrendas gargantas, en el verdor de los campos fecundos y en las marismas mortíferas.

En este inmenso anfiteatro se han desarrollado los dramas más grandiosos de la Historia y ha nacido y renacido nuestra civilización, la civilización del Occidente, mientras la luz de un cielo de zafiro iluminaba a los más grandes genios, a los genios que *más que a la humanidad representan a la divinidad misma*.

Porque en esta región lo divino se confunde con lo humano; el hombre labra "las Puertas del Paraíso", escribe poemas que la posteridad llama divinos y eleva sus himnos a la Naturaleza divinizada y humanizada.

"Alabado seas tú, mi Señor, con todas tus criaturas, y especialmente nuestro hermano Sol" cantaba *il poverello* Francisco de Asís en su "Laude al altísimo, omnipotente y buen Señor, nuestro hermano Sol".

Il poverello había abandonado todas las riquezas del bajo mundo, había dirigido sus miradas al cielo y sólo las volvía hacia la Madre Tierra para amar: amar a los pájaros y a la hermana agua, amar al hermano fuego, al hermano hombre y al hermano lobo.

Humboldt atribuye a los italianos el descubrimiento estético del paisaje; en verdad, durante tres mil años, desde las prácticas misteriosas de los hoscos, sombríos y taciturnos Etruscos hasta los actuales "stornelli" campesinos que comienzan invocando una flor, el hombre nacido en esa región privilegiada amó a la Naturaleza porque de ella escuchó y comprendió los suaves susurros que le murmuraban cosas arcanas.

Por el vuelo de los pájaros, por el retumbar del trueno, por el fulgor de los relámpagos o por el aullido del viento, la Naturaleza narraba a los hombres extrañas leyendas y les vaticinaba los hechos futuros.

Millares de veces el sol naciente brilló sobre las cumbres de los Apeninos y después de describir su gran curva en el cielo se ocultó

en un mar de fuego; otras tantas veces las estrellas giraron lentas y silenciosas en el firmamento; los imperios surgieron y cayeron en el tiempo establecido por los hados, y entre sus ruinas continuó a pasar, lenta y silenciosa como las estrellas, esa estirpe de gigantes, hijos de la Madre Tierra y grandes como dioses.

Tagetes, el antiguo dios, nació de la Madre Tierra delante del arado que guiaba Tarconte, y el niño-dios enseñó a los Etruscos como se amaba a la Gran Madre y como se vaticinaba el futuro.

Una antigua estatua recuerda el prodigio; la estatua representa a una mujer sentada con un niño en los brazos; la dulzura con que sostiene al niño contrasta con la dignidad grandiosa y severa del conjunto e indica que el desconocido artista que la esculpió, hace veintisiete siglos, quiso que en ella se reflejara el amor maternal.

El nombre que se le puso a la estatua es "La Gran Madre" o, en una mezcla de idiomas latino y sabino, la "Mater Matuta". La estatua de la "Mater Matuta", a pesar de su nombre latino-sabino, fue esculpida por un artista etrusco y tiene todas las características etruscas, tanto en el acentuado realismo como en el significado. Es muy difícil encontrar en el arte antiguo otra obra de las artes plásticas que tenga relación con el amor maternal, si se exceptúan algunas manifestaciones del arte romano, derivado del etrusco.

Pudo darse, por ejemplo, el mismo nombre de "Mater Matuta" —y se llamó en latín "Magna Mater"— a un bajorrelieve romano del siglo I a. C., o sea de una época muy posterior. El bajorrelieve representa también a una mujer sentada; la mujer tiene dos niños en lugar de uno, y el también desconocido artista, con técnica diferente, esculpió la figura de tres cuartos, lo que favorece el movimiento; y esto, unido a los frisos floreales ejecutados en forma desenvuelta y elegante, indica la particularidad característica del arte romano, que debía servir de modelo —junto a otras manifestaciones espirituales— a los grandes intelectos futuros.

Ambas obras maestras son una alegoría de la Tierra, virgen y madre; el niño que la "Mater Matuta" tiene en los brazos es, según dijimos, Tagetes, quien nació de la Tierra para enseñar todos los conocimientos a los hombres.

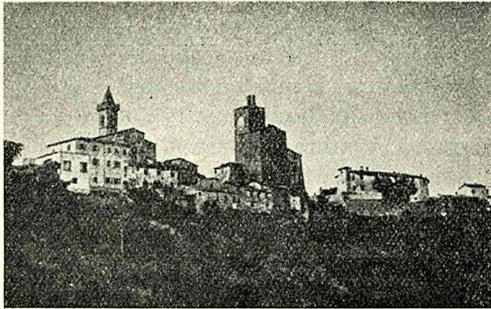
El nacimiento del dios-niño fue el primer prodigio que tuvo lugar en la vieja tierra comprendida entre el Tirreno y el gran arco de los Apeninos; con el pasar de los siglos los prodigios se multiplicaron. Según habían predicho los augures, una pequeña aldea perdida entre los bosques y los pantanos conquistó el mundo, le dió su alfabeto, su modo de medir el tiempo, sus leyes y su idioma, y lo envolvió con una red maravillosa de carreteras, de puentes y de acueductos. Más tarde llegaron desde el Oriente los apóstoles de una nueva religión que creía en una virgen madre de la cual había nacido un niño-dios; los apóstoles establecieron su sede en aquella tierra privilegiada y sobre ella edificaron sus templos máximos.



La "MATER MATUTA"
Siglo V a. C.
Florencia
Museo Arqueológico



La "MAGNA MATER"
13-9 a. C.
Roma
Ara Pacis Augustae



Vinci

Y más tarde —decíamos— los prodigios se multiplicaron: hubo quien hablaba con los lobos feroces y les convencía de no causar más daño; quien viajó en los reinos de ultratumba; quien descubrió nuevos mundos en el Cielo y en la Tierra; quien resucitaba a los antiguos dioses; quien quitaba el sobrante de los mármoles para dar una vida eterna a las figuras que estaban encerradas en ellos, y quien comprendía las voces con que hablaban las piedras de un gran imperio que ya no existía más.

Porque el Imperio Romano, siguiendo el destino de todo lo terrenal, había dejado de existir cuando la misión que debía desempeñar en el mundo estaba cumplida. Entonces los descendientes de los Pelasgos —de los cuales los Etruscos eran una rama— volvieron hacia el Oriente, hacia su antigua cuna donde aun moraba la Gran Madre exuberante, y tuvieron una nueva vida y renacieron mucho antes del tiempo que la Historia suele llamar Renacimiento.

Renacieron al fulgor de los mosaicos y a las leyes del Código de Justiniano, y más tarde a las sabias lecciones de la Escuela de Medicina de Salerno y de las primeras Universidades; renacieron con la Matemática y la Medicina, con la Arquitectura y la Navegación; con la Agricultura y los procesos de fabricación que traían del Levante y trasplantaban en tierra fecunda de cultura milenaria.

Y desde el Levante llegaban los himnos al amor, al vino y a las flores que cantaban la belleza de la vida y disipaban la nube tétrica de misticismo que cubría la Europa semibárbara y feroz.

Y nacen las Comunas, como veinticinco siglos antes habían nacido las terramaras y las ciudades amuralladas pelágicas, porque el espíritu antiguo revive en los grandes descendientes.

Las Comunas han vencido a los Emperadores, han anulado el poder de los Obispos y han arrojado a los Señores de sus castillos. Han conseguido todo esto después de guerras atroces, de revoluciones, de terrores de pestilencias, de proscripciones y de ejecuciones; y, sin embargo, al mismo tiempo La Divina Comedia y las Universidades, los palacios y los monumentos, la primavera del arte y la resurrección de lo antiguo, los derechos del hombre y la constitución del sistema republicano de hermoso nombre latino; la reconstrucción de las jurisprudencia y los descubrimientos de regiones lejanas. Y en pocos miles de kilómetros cuadrados de tierra, diez, quince, veinte turbulentas e industriosas repúblicas que hacen prodigios.

Los castillos miran solitarios y rencorosos la campaña cultivada por las mismas manos que abatieron su poderío, los soldados se han transformado en agricultores, los tugurios en casas campesinas y los nidos de avispas en colmenas de abejas.

Las ciudades devastadas por las guerras y las revoluciones se vuelven a poblar, los barrios incendiados resucitan más hermosos, y las calles, las plazas y los jardines se adornan de obras de arte.

En 1092 Pisa levanta su magnífica basílica; en 1136 Bérghamo construye el templo que es una joya; en 1179 Milán comienza la excavación de los canales que son, aun actualmente, una obra maestra de la hidráulica; Bolonia, que según Odofredo tenía treinta mil habitantes y veintemil estudiantes, levanta sus torres; Génova su espléndida catedral, Cremona las digas del Po y Mantua las del "Lago di Sopra".

Venecia, nacida del mar como Venus, hinca centenares de millares de pilotes para levantar sobre ellos sus palacios de mármol en una estupenda sinfonía de mar, de piedra y de luces; y en 1104 comienza la construcción de su grandioso arsenal para que trabajaran en él ocho mil carpinteros de ribera y lanzaran a la mar una flota de tres mil trescientos barcos. Los navíos de las repúblicas marítimas surcan todos los mares de Europa, y en un sólo día del año de gracia 1187 —dice el continuador de Guillermo de Tiro— pudieron verse cargar y descargar en el puerto de Alejandría treinta y ocho barcos entre venecianos, pisanos y genoveses.

Grave pecado, pecado mortal, era indudablemente traficar con los infieles de Alejandría, tan es así que los Concilios Eclesiásticos fulminaron las más graves penas para los pecadores. Pero cuando los pecadores ofrecieron abonar a los obispos la décima sobre el cargamento de cada barco que arribara desde Alejandría a un puerto italiano, las almas timoratas adormecieron sus escrúpulos religiosos.

Es que aun en las almas timoratas los bienes presentes y seguros se sobreponían a los hipotéticos del más allá; si había que pensar en los bienes de la vida futura, convenía ante todo gozar los bienes de la presente que renacía con necesidades imperiosas.

Las Comunas se extienden a la campaña y en el Siglo XV treinta mil granjas alrededor de Florencia alimentan a los doscientos mil habitantes que pueblan los palacios de la ciudad, treinta y tres de los cuales sirven para las operaciones bancarias, ochenta y dos para la industria de la seda y doscientos setenta para la industria de la lana.

"Poseemos dos artículos comerciales más ricos y difundidos que los cuatro de Venecia —decía Benedetto Dei a los venecianos— "La corte de Roma —agregaba— es clienta nuestra; el Sultán, el rey de España, el rey de Nápoles, Constantinopla y Pera, Brusa y Adriánópolis, Salónica y Galípoli, Chíos y Rodas, nos compran más artículos de seda y brocados de oro y plata que a Venecia, Génova y Luca "juntas".

Allende los Alpes no podía estallar una guerra si la Comuna de Florencia no prestaba el dinero para financiarla, porque Florencia era el banquero universal; era "el quinto elemento".

En este ambiente opulento y prodigioso que debía preceder a las Señorías, desarrollaba sus actividades Ser Antonio da Vinci; allí las habían desarrollado sus antepasados y allí debía desarrollarlas su hijo, Ser Piero da Vinci, notario florentino como su padre y sus antepasados.

Todo era prodigioso en el gran anfiteatro comprendido entre los Apeninos y el mar.

Hay allí una montaña que se llama Monte Albano. Dice Merejkowsky que los viajeros errantes en los bosques que circundan a la montaña saben muy bien que por causas desconocidas muchas plantas y animales nacen teñidos de blanco; se encuentran a menudo violetas blancas, gorriones blancos y mismo en los nidos de los mirlos negros nacen pajarillos blancos. Por eso los habitantes de la aldea de Vinci afirman que la montaña que domina aquella aldea había recibido desde la más remota antigüedad el nombre de Blanca: Monte Albano.

En esos lugares, a la sombra de la Montaña Blanca, nació un niño que debía poseer, como Tagetes, todos los conocimientos; el niño se llamaba Leonardo y —según Merejkowsky— fué uno de los prodigios de la Montaña Blanca, un monstruo en la honesta familia burguesa de notarios florentinos, el pajarillo blanco en el nido de los mirlos negros.

Aquel día Ser Antonio da Vinci, el octogenario abuelo, como buen notario y buen "pater familias" anotó cuidadosamente en su diario: "Nació un nieto mío, hijo de Ser Piero, mi hijo, hoy sábado 15 de Abril, a 3 horas de la noche. Le fué dado el nombre de Leonardo".

Si el niño hubiese sido hijo de un monarca, el astrólogo de la real casa habría deducido del correspondiente horóscopo la vida agitada y errabunda entre la incomprensión humana que el destino le deparaba al genio; pero los astrólogos no solían frecuentar las casas campesinas y los habitantes de la aldea sólo supieron que el niño era hijo del amor y que había nacido en primavera, cuando el murmullo de los torrentes que llevan al mar las nieves de las montañas se une al canto de los pájaros del bosque.

Y cuando esto aconteció se había iniciado desde hacía veintinueve días el año "ab incarnatione" 1452, porque en aquel tiempo también el año nacía en primavera.

Ocho siglos antes había comenzado a resurgir en Italia la cultura antigua, y sus diferentes ramas seguían curvas ascendentes y distintas: la poesía había culminado en el siglo XIV, las artes plásticas y la polifonía llegarían a su máximo en los siglos XV y XVI, la ciencia en los siglos XVI y XVII y la filosofía en el XVII y XVIII. La cultura itálica atraviesa los Alpes, se expande hacia el Norte, el Oriente y el Occidente, recibe nuevos impulsos y se transforma más tarde en civilización moderna.

A Leonardo le fué dado nacer cuando las artes plásticas estaban por alcanzar su máximo esplendor, entre la época de Dante y la de Galileo, entre la Poesía y la Ciencia.

Y le fué dado vivir entre dos siglos: el Cuatrocientos, cubierto aún con el candor de los primitivos, el siglo de los ángeles de Fra Angélico, de las estrofas de Policiano y del navegante soñador que buscaba un rey para donarle un mundo; y el "Cinquecento", impulsivo, violento y renovador, el siglo del razonamiento, en que mientras Cardano busca la solución de las ecuaciones de tercer grado y Tartaglia descubre la ley del binomio, Falopio disecciona los cuerpos y Maquiavelo el alma humana.

Desciende de los Etruscos, de ese pueblo de artistas y de sabios que esculpía la estatua de la Gran Madre, investigaba los secretos de la Naturaleza y levantaba el rostro hacia el cielo para leer el destino en el movimiento de los pájaros.

Porque entre los dioses y el común mortal hay un desnivel muy grande para que el común mortal llegue a entender las disposiciones de la divinidad; por eso se siente la necesidad de intermediarios que interpreten la voluntad divina y la transmitan a quienes no podrían comprenderla por sí mismos. Y para los que amaban tanto a la Naturaleza no había intermediarios mejores que los pájaros, porque pueden acercarse a la serena morada de los dioses volando alto en el azul del cielo, o pueden bajar a su arbitrio cerca de la tierra donde aman y odian los hombres.

Pasan los siglos y el espíritu de los antepasados revive en los grandes descendientes. El sol ilumina la frente de Leonardo levantada hacia la bóveda de zafiro que cubre el gran anfiteatro entre los Apeninos y el mar; observa el volar de los pájaros, particularmente del milano, y escribe sus apuntes de derecha a izquierda, como escribían los Etruscos, sus antepasados.

"Este escribir particularmente del milano —dice— puede ser mi destino, porque el primer recuerdo que tengo de mi infancia es que "me parecía que, estando yo en la cuna, un milano viniese hacia mí y "me abriese la boca con su cola, y muchas veces me golpease con "aquella cola entre los labios". (C. A. 66 b)

La primera figura conocida pintada por Leonardo jovencito —Leonardo giovinetto, dice Vasari— es el famoso ángel del cuadro del Verrocchio; y el primer dibujo que se conserva de su juventud es un paisaje: un ángel del Cielo y un paisaje de la Tierra.

A la misma época de ese paisaje, y posterior —naturalmente— al primer recuerdo del milano, pertenece a la conocida descripción de su edad juvenil:

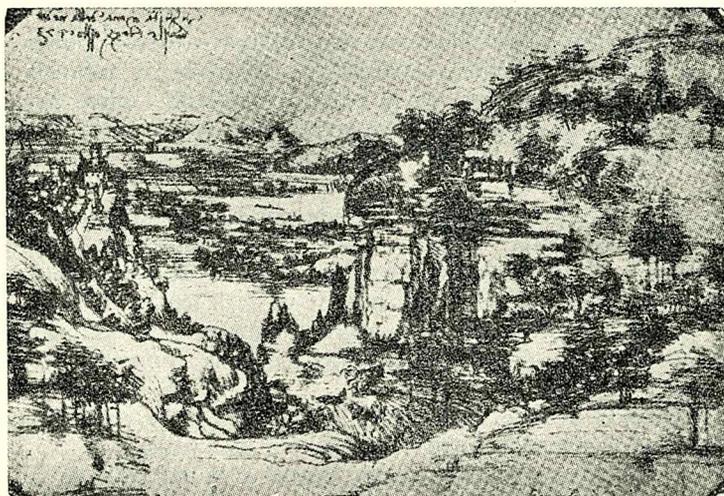
"Arrastrado por mi vehemente curiosidad y deseoso de conocer "las variadas y extrañas formas hechas por la industriosa Naturaleza, "vagando entre las umbrosas rocas, llegué a la entrada de una gran "caverna. Quedé al principio estupefacto porque ignoraba su existencia, pero de inmediato doblé mi cintura en arco, apoyé mi mano "izquierda en la rodilla y, haciéndome sombra a los ojos con la de-

LAS PRIMERAS OBRAS DE LEONARDO QUE
AUN SE CONSERVAN



El ángel en el cuadro del
BAUTISMO DE CRISTO
de Verrocchio.

(El ángel de perfil es obra de
Leonardo, el de frente es de
Verrocchio.)



UN PAISAJE

"Día de Santa María de la Nieve". 2 de agosto 1473.

“recha, me incliné varias veces hacia uno y otro lado para ver si podía distinguir algo en ella. Me lo impidió la gran oscuridad que allí dentro había y, al detenerme en mis tentativas, pronto aparecieron en mí dos emociones: temor y deseo; temor por la amenazadora y “oscura caverna, deseo de ver si allí adentro se ocultaba algo maravilloso”. (Br. M. 155 a).

Es la humanidad frente a la Naturaleza: al deseo de conocer, de investigar, de descubrir sus secretos y corregir sus errores, se opone el temor a lo desconocido. Ha habido épocas nebulosas en las cuales se sobrepuso el temor a lo desconocido y épocas luminosas en las cuales predominó el deseo vehemente de investigar. Entonces quienes así lo hacían se volvían grandes, grandes como dioses.

Y Leonardo fue grande porque sus ojos de visionario y de investigador supieron encontrar en la Naturaleza “cosas milagrosas” — *cose miracolose*—; y porque, como sus antepasados, dirigió sus miradas escudriñadoras a la Tierra y al Cielo: a la Tierra donde viven los hombres, y al Cielo donde moran los dioses.



LOS MAESTROS

Cuando de la unión del Cielo y de la Tierra nacieron los primeros hijos —los Cíclopes— la Madre Tierra era aún joven y vigorosa y sus hijos fueron gigantes. Porque solamente seres gigantescos dotados de una fuerza prodigiosa podían vencer la dureza de los metales, trabajarlos, torcerlos y encorvarlos con tanta pericia y arte y, al mismo tiempo, amontonar piedras de veinte toneladas para levantar murallas imponentes.

Más tarde también hubo gigantes —y aún los hay— que han ideado y puesto en práctica cosas maravillosas; pero nosotros estamos muy atareados, el torbellino de la vida nos arrastra y no podemos detenernos para pensar en quienes han sido los inventores y los ejecutores de aquellas cosas maravillosas que nos hacen más fácil y agradable la existencia.

Los antiguos, más “estáticos” que nosotros, miraban asombrados las manifestaciones de fuerza y de potencia, su fantasía no tardaba en atribuir las a quienes suponían más grandes que el común mortal y pensaban que construir murallas, levantar digas y trabajar metales debía ser obra de los Cíclopes, gigantes bronceados cuya primitiva patria —según Homero y Teócrito— era la isla de Sicilia.

La Ciencia y la Técnica han puesto a disposición del Arte los medios que facilitan la fusión y el trabajo de los metales; pero debemos imaginarnos las dificultades que se presentaban a los primeros fundidores cuando no sólo debían alcanzar y mantener las altas temperaturas necesarias para la fusión, sino fabricar hornos y moldes y manejar los candentes y pesados crisoles.

Aunque el comienzo del trabajo de los metales causó la más gran revolución en los sucesos humanos, la Historia desconoce los nombres de los primeros maestros fundidores; para la leyenda los primeros maestros fueron los Cíclopes.

Cinco siglos debió esperar Europa para que la corriente Mediterránea o pelágica introdujera desde el Levante, desde el Asia Menor y Creta, el arte de trabajar metales junto con el arte realista. Quinientos años necesitaron la Edad del Bronce y el Arte realista para recorrer mil millas de mar; pero cuando ambos llegaron a las costas tirrenas tomaron tal impulso que se expandieron por todo el Occidente y se perpetuaron a través de los siglos.

Chantres, al afirmar en “*Etudes Paléontologiques dans le Bassin du Rhone*” que “es hacia ia Italia Central donde hay que ir para conocer la cuna de la civilización artística que se expandió por el Occidente”, no se refería ni a la época romana ni al Renacimiento, sino a quince siglos antes de nuestra Era, cuando del encuentro de la corriente inmigratoria Mediterránea con la corriente inmigratoria Nórdica, brilló en el centro de Italia con los primeros objetos de bronce el esplendor de la primera civilización Occidental, esplendor que volvió a repetirse cada quince siglos en un ritmo sesquimilenario.

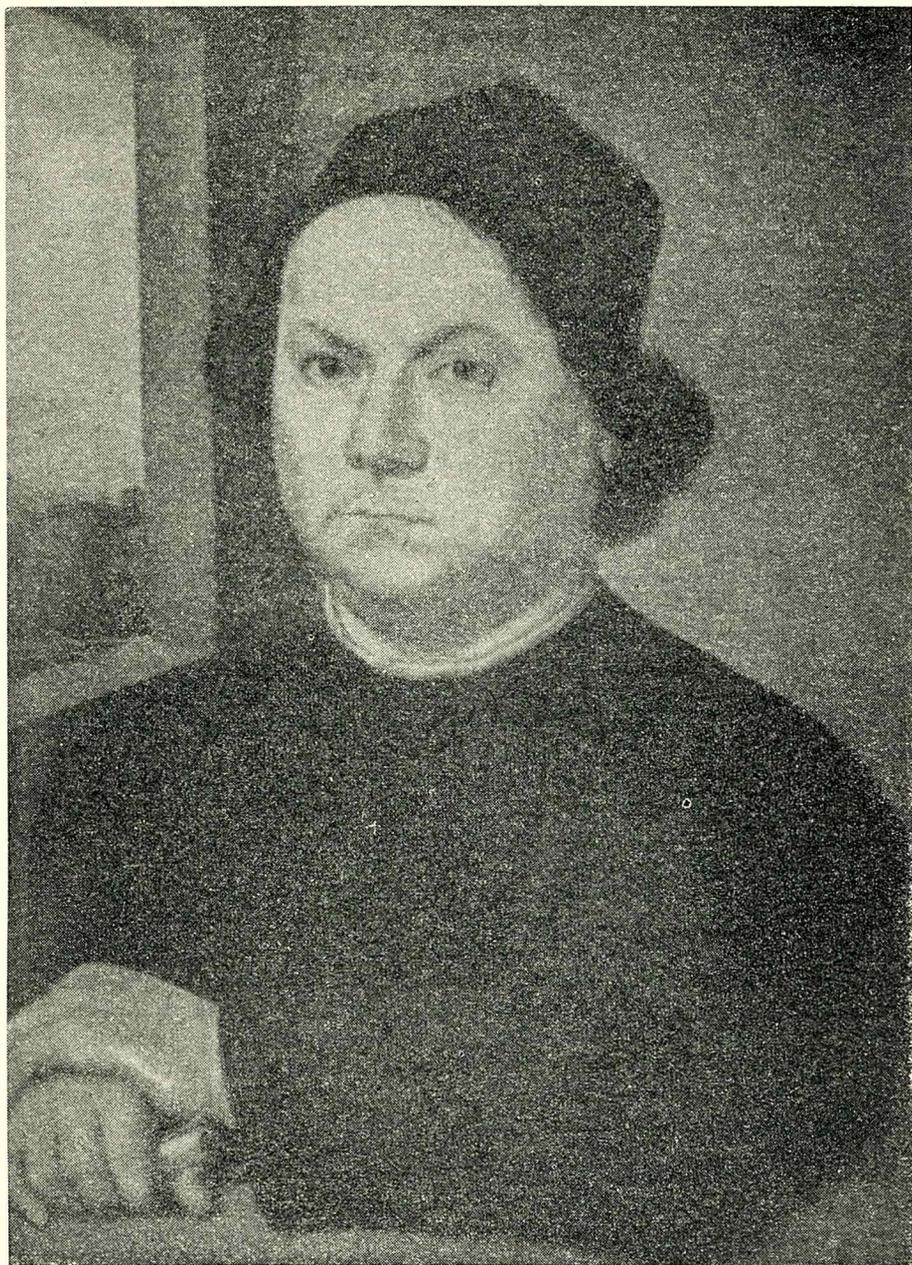
Han pasado más de tres mil años desde que ellí aparecieron las primeras armas, las primeras herramientas, los primeros adornos metálicos; y durante este lapso los hornos de fusión han trabajado sin cesar para que surgieran a la vida millares de seres sobrenaturales: monstruos fabulosos, diosos, héroes y gigantes de bronces.

Benvenuto Cellini llama a la fusión el “*indiaivolato arte*” —endiablado arte—; del *indiaivolato arte* nacieron hace veintiseis siglos la quimera feroz y la loba de ojos maternas y boca amenazadora, las estatuas etruscas y los caballos de la Basílica de San Marcos; el fauno de bronce que entre las ruínas de la ciudad destruída continúa sonriendo su danza eterna, y el monumento de Marco Aurelio que, desde el centro de la Plaza del Capitolio trazada por Miguel Angel, aun extiende sobre el mundo su gesto de paz y de imperio; el *Perseo* de Cellini y el *David* de Verrocchio, héroes adolescentes; el *Gattamelata* y el *Colleoni*, héroes de la edad viril.

Bartolomé Colleoni, soldado, mecenas y gran señor, ex discípulo de Francesco Sforza y de Gattamelata, y Capitán General de las armas venecianas, después de defender con su espada a la Serenísima República, después de haber hecho construir en Bérgamo la hermosa Capilla que lleva su nombre y de haber protegido y ayudado a los artistas, a los literatos y a los sabios, había dejado en su testamento 100.000 cequíes a la República de Venecia para que los utilizara en las guerras contra los Turcos.

El Senado Veneciano, al perpetuar en bronce la figura del soldado que había defendido Venecia en vida y aun la defendía después de la muerte, decretó que el monumento fuese erigido frente a la iglesia de San Zanipolo, cual eterno centinela del templo donde duermen el último sueño los héroes de la Serenísima República.

Amelot de la Houssaie, en “*Histoire du gouvernement de Venise*” escrita “después de una larga estada entre los célebres Senadores de aquella ciudad ilustre”, afirma que los senadores venecianos eran “hommes élevés dans les maximes d’une savante politique”; su gobierno era “un merveilleux gouvernement”, donde —agregaba Marcoaldi— “no se estima más al rico que al pobre, y sólo la virtud se honra”. Y por eso explicaba al Embajador de Francia, Conde de Avaux, “toda la Tierra admira la justeza y la regularidad de los movimientos de ese cuerpo



VERROCCHIO

(Por Lorenzo di Credi)

político que guía la suerte de la República y que sabe distribuir a cada uno el cargo que le es más adecuado”.

Entonces, ese Senado tan cuidadoso, tan prudente en la elección de los hombres, ¿a quién podía encargar la ejecución del monumento en bronce de Colleoni sino a Andrés de Miguel de Francisco del Cione, llamado “el Verrocchio”?

La generación de los grandes escultores de la primera mitad del Cuatrocientos había terminado; Ghiberti, Brunelleschi, Iácopo della Quercia ya no existían más y, desde hacía trece años, tampoco existía más Donatello, quien por casi medio siglo había impuesto en Italia el arte propio como arte nacional.

Los grandes escultores que predominaban en la segunda mitad del siglo eran Bertoldo, Antonio del Pollaiolo y Andrés Verrocchio; el primero era ya anciano y dirigía en Florencia la Academia de San Marcos de la cual debía salir Miguel Angel, y el segundo no había aún realizado sus producciones más complejas: las tumbas de los papas Sixto IV e Inocencio III. Sólo del tercero —de Verrocchio— se conocían las obras más célebres: el “David” y el “Niño con el Delfín” de enigmáticas sonrisas, y —muy especialmente —la tumba de las Médicis, en la cual el juego de bronces y de mármoles indicaba una mentalidad artística absolutamente nueva y un arte que, aunque se apoyaba en las antiguas tradiciones, daba un valor inusitado a la relación entre las luces y las sombras.

Por esto decíamos que el Senado Veneciano no podía encontrar un escultor que ofreciera más garantías que el Verrocchio para llevar a cabo el monumento a Colleoni.

Pero, cuando Verrocchio había terminado el modelo del caballo, el mismo Senado resolvió que la figura del “condottiero” fuera ejecutada por Bartolomé Bellano, antiguo ayudante de Donatello.

Indudablemente fué un error; para Verrocchio fué un error y una ofensa irritante, tan irritante que deshizo la cabeza y las patas del modelo del caballo y volvió a Florencia.

El Senado de la Serenísima República, que no permitía a nadie —ni al papa y ni al mismo dux— que contravinieran a sus decretos, mandó decirle que no volviera nunca más a Venecia so pena de ser decapitado. A lo cual el Maestro mandó contestar que se cuidaría muy bien de volver, ya que si él era capaz de rehacer la cabeza del caballo, todo el Senado Veneciano en pleno no sabría fabricar otra cabeza para él, y mucho menos como la suya.

Es humano cometer errores, y la sabiduría y la prudencia de los Senadores Venecianos —tan alabados en toda la Tierra— no consistía en no equivocarse nunca, sino en saber reparar el error cometido. Por eso, contrariamente a lo que podría suponerse, la respuesta de Verrocchio agradó tanto al Senado que se apresuró a volverle a llamar para encargarle la ejecución de todo el monumento: caballo y “condottiero”.

Es sabido que el Maestro terminó la obra en arcilla y que, habiendo fallecido en 1488, el pedestal y la fusión en bronce fueron llevados a cabo por Alejandro Leopardi.

El monumento se inauguró el 24 de Marzo de 1496, con el esplendor que solían dar los venecianos a los grandes acontecimientos. Cuarenta y nueve años antes, Donatello había terminado en pleno Cuatrocientos el caballo de Gattamelata; ahora el siglo se acerca al fin y la "dinámica" del Quinientos golpea a sus puertas. Donatello había sido maestro de Verrocchio y Verrocchio lo fué de Leonardo: el caballo de andar solemne y majestuoso del Gattamelata contrasta con el del Colleoni que avanza vibrante en un deseo de imperio, y con el caballo "vehementer incitatus et anhelatus" del monumento a Francesco Sforza, modelado por Leonardo.

Grandioso monumento debía ser el de Francesco Sforza, ya que el solo caballo medía más de siete metros de altura (12 brazas), desde la parte superior de la cabeza hasta la parte inferior de los cascos. Luca Pacioli, amigo de Leonardo y que en aquella época se encontraba en Milán, calculaba que fundido en bronce debía pesar unas sesenta y cinco toneladas (doscientos mil libras).

Pero el bronce se usó para fabricar bombardas, las arcas estaban exhaustas para los artistas; el monumento en yeso que había sido expuesto al público en 1493 esperó en vano la fusión, y Leonardo escribirá melancólicamente: "Del caballo — para Leonardo el monumento era "el caballo" — del caballo no diré nada porque conozco los tiempos". (C. A. 335 b). Su deseo de ejecutar un monumento grandioso no pudo realizarse; él hubiera querido sobrepasar en escultura a su Maestro porque "triste es el discípulo que no sobrepasa a su maestro"; pero no le fue dado hacerlo. Más aún: sus enemigos lo tacharon de incapacidad, y varios años después, en plena calle de Florencia el mismo Miguel Angel, el titánico y rencoroso rival de Leonardo, le reprochará con desprecio: "Tú che facesti un disegno di uno cavallo per gittarlo in bronzo et non lo potesti gittare, e per vergogna lo lasciasti stare". (Tú que hiciste un dibujo de un caballo para fundirlo en bronce y no pudiste fundirlo y vergonzosamente lo abandonaste).

Miguel Angel era muy joven y aún no conocía —lo conoció después— el dolor de no poder llegar a realizar lo que una mente genial ha ideado y preparado cuidadosamente. Porque era más que un dibujo lo que había hecho Leonardo: eran preceptos, y detalles, y disposiciones para la fusión, y andamiajes, y colocación de los hierros necesarios; en fin toda una demostración de sus vastos conocimientos, resultado de las sabias enseñanzas de Verrocchio, el Maestro.

Richter cita a este propósito la opinión de Camilo Boito: "El caballo de Sforza —dice Boito— debía parecer hermano del de Colleoni. Y se diría que éste fuese hijo del de Gattamelata, el cual parece hijo de uno de los cuatro caballos que estaban tal vez sobre el arco de Nerón en Roma".

Estos cuatro caballos adornan ahora la fachada de la Basílica de San Marcos en Venecia y pertenecen al Siglo I, pero Boito podía haberse remontado aun más; porque en el piafar de los caballos de las tumbas etruscas del Siglo VI a. C. o en el eterno desfile de los ocho caballos de la Taza de Preneste, correspondiente al Siglo VIII ó IX a. C. pueden verse los antecesores de los más célebres caballos de un arte muy posterior.

Se ha querida descubrir en Verrocchio la influencia de Leonardo, pero la verdad es que aun en el caso que los discípulos fuesen genios sobrehumanos, los discípulos derivan de los maestros, y no viceversa.

En el Kaiser Friedrich Museum de Berlín se conserva un cuadro de la Escuela de Verrocchio. El cuadro representa una joven "cuyos labios cerrados ocultan los misterios de sus alma, y cuya penetrante mirada que dirige al observador permite adivinar apenas los pensamientos que se agitan en su cerebro". (Koetschau)

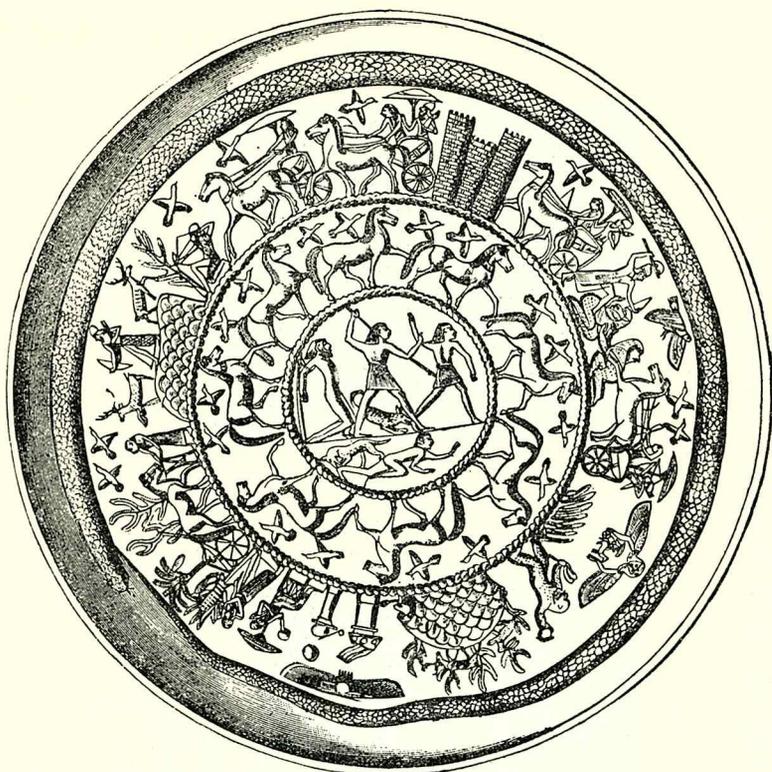
Exactamente las mismas palabras podrían aplicarse a la Gioconda o al mismo retrato del Verrocchio pintado por Lorenzo di Credi, condiscípulo de Leonardo, del Perugino y de Botticelli en el taller del Maestro.

El paisaje con el arroyuelo serpenteante en el fondo y la mirada penetrante en la atmósfera de misterio que rodea a la figura son características de Leonardo, derivadas —como el retrato de la joven— de la Escuela del Verrocchio.

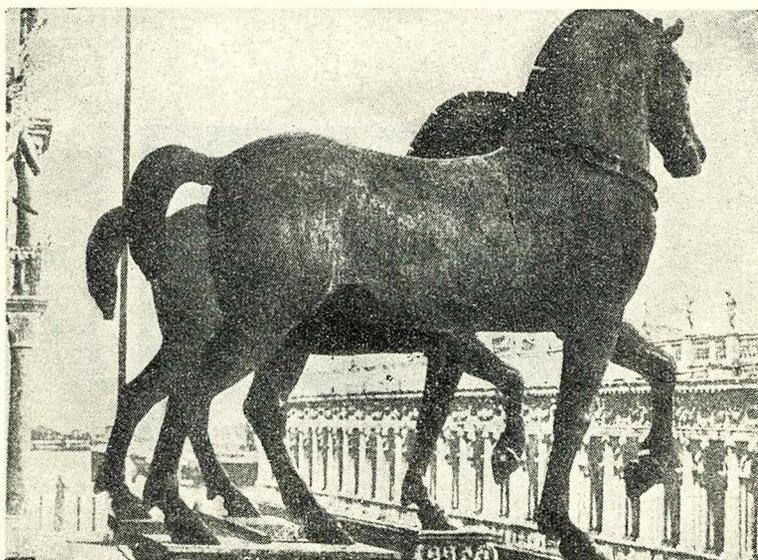
Catorce años tenía Leonardo cuando entró en la "bottega" o, si se quiere, en el taller del Maestro, y unos veinticuatro años cuando egresó del mismo, después de haber asimilado las sabias lecciones del Verrocchio, orfebre, poeta, matemático, pintor, y escultor.

Hemos traducido "bottega" por taller, pero la traducción no es exacta porque en nuestra época niveladora no existe una traducción exacta de la palabra "bottega". La "bottega", que en italiano moderno significa "lugar donde se vende o ejerce algún oficio", en italiano antiguo significaba más bien "estudio" en el cual el Maestro era un verdadero padre espiritual que educaba el gusto de sus discípulos, les enseñaba todas las disciplinas y los preparaba a pasar de "ragazzi" a aprendices, de aprendices a ayudantes, de ayudantes a artistas y de artistas a maestros. Cuando el "ragazzo" había llegado a la categoría de artista se inscribía en la Corporación correspondiente. Las Corporaciones derivaban de los "Collegia Fabrorum" romanos, y hasta el fin de la Edad Media los afiliados conservaban bajo juramento los secretos del arte y de la ciencia que desde niños habían aprendido en la "bottéga".

Porque no debe creerse que los conocimientos del artista se limitaran al arte: puede decirse sin temor de exageración que la anatomía, la óptica, la mecánica, la metalurgia, etc. nacieron en la "bottega" de los Maestros.

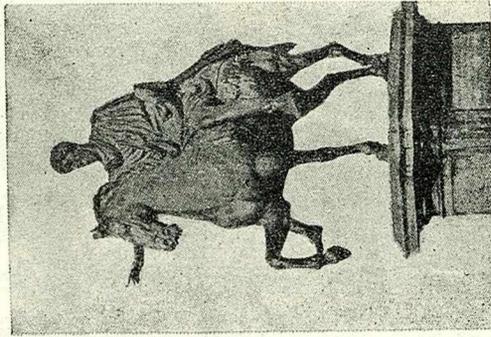


El desfile de los caballos en la Taza de Preneste.
(Siglo VIII o IX a. C.)

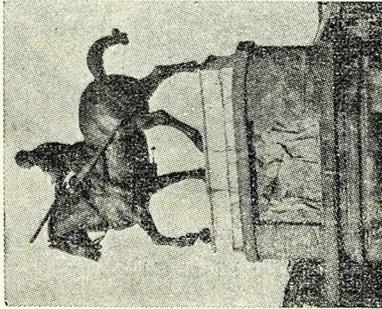


Dos de los caballos de la Basílica de San Marcos
(Siglo I d. C.)

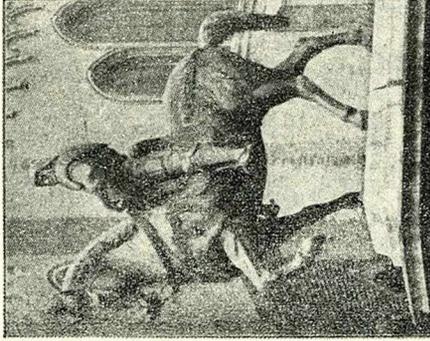
LAS MAS CELEBRES ESTATUAS ECUESTRES ANTECEDENTES



Marco Aurelio
(Siglo II)



Gattamelata
(Siglo XV)



Colleoni
(Siglo XV)



Estudio del caballo para el monumento ecuestre a Francesco Sforza (Por Leonardo)

Leonardo se inscribió en la Corporación de los Pintores en 1472, pero continuó por lo menos cuatro años más en la "bottega", porque en un documento de 1476 se lee: Leonardo di Ser Piero que está con Andrea del Verrocchio.

Tenía entonces veinticuatro años, y hacía cuarenta años que Brunelleschi —escultor, arquitecto, poeta, ingeniero y uno de los genios universales que precedieron a Leonardo— había terminado la cúpula de Santa María del Fiore. "Estructura tan grande —dirá León Battista Alberti en la dedicatoria de su obra "De la Pintura" al mismo Brunelleschi— estructura tan grande hecha sin ayuda de andamiajes ni de maderamen, con artificio tal que a mi parecer no fué conocido entre los antiguos ni se creía posible hacer en nuestros tiempos".

La cúpula estaba terminada —decíamos— desde 1436, pero faltaba la "lanterna" y, además, la esfera y la cruz que la coronan. En 1461 Julián da Maiano ejecutó la "lanterna"; más tarde la "Signoría" encargó a Verrocchio la esfera y la cruz.

En 1470, cuatro años después de la entrada de Leonardo en la "bottega", Andrea Verrocchio, que —según Vasari— "nunca estaba desocupado y pasaba con frecuencia de una obra a otra", modelaba la esfera y la cruz para la cúpula y ejecutaba el cuadro del Bautismo de Cristo para el convento de Vallombrosa de San Salvi, cuadro en que Leonardo —"benché fussi giovinetto"— había pintado el célebre ángel talmente hermoso que, al decir de Vasari, "mucho mejor que las figuras de Andrea *estaba* el ángel de Leonardo".

Además del ángel, algunos quisieron ver —entre otros Guillermo Bode— la mano de Leonardo en el paisaje del fondo, ya que "el valle del río con su variada vegetación, parece realmente observado por un verdadero naturalista y por un alma sensible a la belleza poética del paisaje" (Corrado Ricci).

Un paisaje semejante constituye el fondo del retrato de la joven desconocida, perteneciente —según dijimos— a la Escuela del Verrocchio; pero si el estudio de la naturaleza era una característica de la Escuela y procedía de las enseñanzas del Maestro, estas enseñanzas se unían para Leonardo a aquéllas que directa o indirectamente podía recibir del conjunto de artistas y de sabios que vivían en la Florencia de entonces, enseñanzas que encontraban un alma y una mente capaz de asimilarlas y lanzarlas más tarde a un vuelo inaudito.

Cuando Verrocchio estaba ocupado en fabricar la esfera y la cruz de la cúpula de la catedral, trazaba el reloj de sol en la misma catedral Páolo dal Pozzo Toscanelli —el *Páologo médico* que citará más tarde Leonardo— sabio inspirador de genios cuyo nombre está ligado al descubrimiento de América por las cartas con que impulsó a Colón a tentar la travesía de la "Mar Tenebrosa".

Toscanelli era médico, pero se dedicó a la Matemática por consejo de su amigo Brunelleschi, y más tarde a la Astronomía por la

amistad que lo ligaba a Niccoló Da Cusa, matemático, astrónomo y uno de los precursores del sistema copernicano.

“Sabemos que la Tierra se mueve —decía Niccoló Da Cusa en “De Docta Ignorantia”— aunque este fenómeno no sea inmediato para nuestros sentidos, porque podemos percibir el movimiento sólo por la comparación con lo que suponemos fijo: así, quien viaja en una embarcación que se desliza con calma a lo largo de un río, no puede percibir su movimiento sino por el de la orilla. Del mismo modo, el movimiento del Sol y de las estrellas es el que nos atestigua del movimiento de la Tierra”.

Y, como se recordará, la obra de Niccoló Da Cusa fué escrita en 1444, un siglo antes que Copérnico publicara su “De Revolutionibus Orbium Coelestium” en la que exponía su nuevo sistema del Mundo.

“Nada hay seguro en nuestra ciencia más que nuestras matemáticas —agregaba Niccoló Da Cusa— porque como sólo lo conocido puede ser amado, sólo lo mensurable es conocido”. Frase que, con alguna variante se encontrará más tarde en los manuscritos de Leonardo da Vinci, donde se encontrarán también los resultados de las enseñanzas astronómicas de Niccoló Da Cusa.

Cuando Toscanelli trazaba el reloj de sol en la Catedral y “hablaba siempre de cosas extrañas” — según dice Vasari — vivía aún en Florencia León Battista Alberti, pintor, escultor, literato, arquitecto e ingeniero, el genio que precedió a Leonardo en todos los conocimientos humanos, el “hombre doctísimo y de milagroso ingenio”, de acuerdo con la definición de Policiano.

Los “Apólogos” de Alberti, sus libros “De la Pintura”, “De Statua”, los “Ludi” en que trata de las reglas para medir superficies; sus métodos para medir alturas y distancias mediante triángulos; su escandallo o “bólide albertiana”; sus obras “De Navis”, “Dei pondi e lieve di alcuna ruota”, “Figure e linee tolte dalla Musica e dalla geometria” y “De re Aedificatoria”, preceden las obras de Leonardo. Con frase no muy feliz se ha dicho que Alberti es el boceto del cual Leonardo es el cuadro.

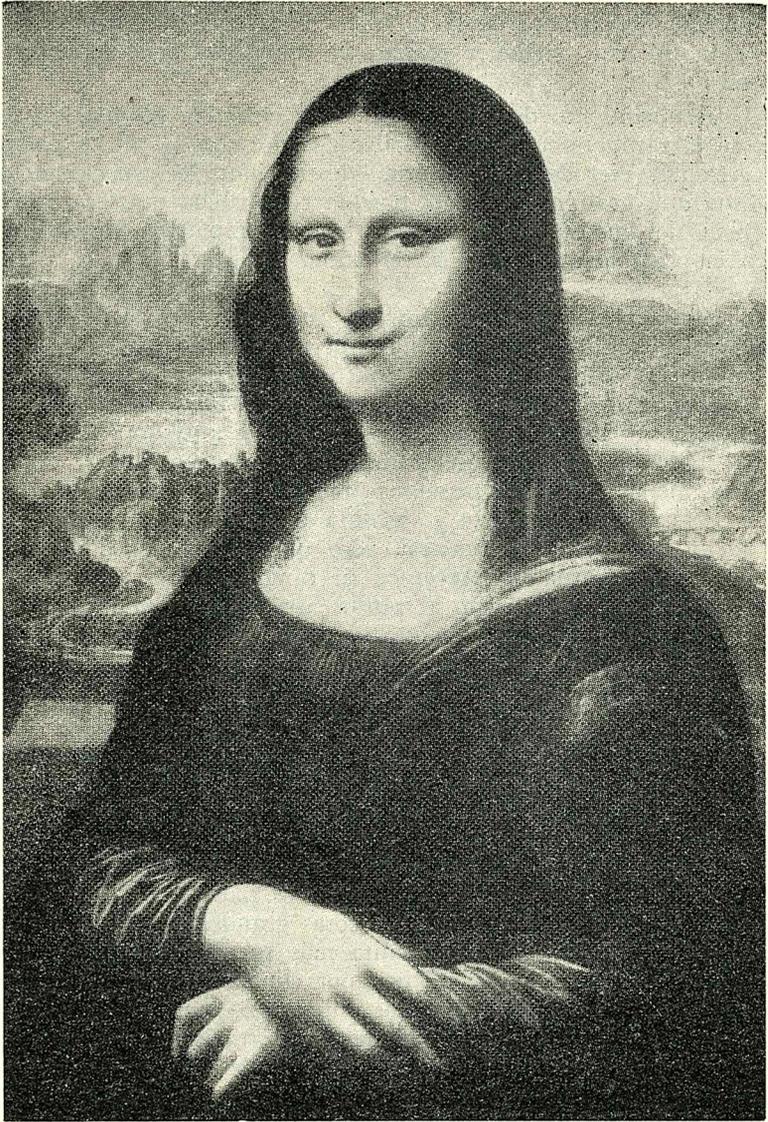
Amigo íntimo de Brunelleschi, de Masaccio y de Donatello, Alberti debía transmitir a la nueva generación de la segunda mitad del siglo XV la herencia de la primera. La herencia de Donatello que imponía la nueva escultura; la herencia de Masaccio que ideaba la nueva escuela pictórica del llamado naturalismo, en la cual se formaron todos los grandes pintores del Renacimiento; la herencia de Brunelleschi que creó la nueva “Ars Aedificatoria” y la Perspectiva, porque — dice Vasari — “Brunelleschi tanto reflexionó y estudió la posibilidad de obtener la perspectiva hasta que encontró por sí mismo un sistema que ella pudiera resultar justa y perfecta, que fue sacarla con la planta y el perfil, y por vía de intersecciones, cosa verdaderamente ingeniosísima”.



RETRATO DE UNA JOVEN

Museo de Dresden

(Taller del Verrocchio)



LA GIOCONDA

Museo del Louvre.

Del mismo modo que el niño no es capaz de apreciar las distancias y alarga los brazos para asir las estrellas, así los artistas primitivos no apreciaban la tercera dimensión, la profundidad; sus figuras están representadas en un solo plano, superpuestas; procedimiento de representación muy común en la infancia del arte y que, como un retorno a la infancia, vuelve a reaparecer cuando el arte decae, en la senectud.

El descubrimiento de las leyes de la perspectiva geométrica, fundadas en el razonamiento y ampliadas después con las de la perspectiva aérea por Pier della Francesca, “descubridor del espacio pictórico”, tiene una gran importancia porque comprueba que era aquella una época de “madurez”, ya que la razón acompañaba al sentimiento y a la observación seguía la reflexión.

La perspectiva geométrica implica, naturalmente, conocimientos de geometría; por eso León Battista Alberti en su tratado “De la Pintura” advierte: “Me agrada que el pintor sea docto, en cuanto él pueda, en todas las artes liberales; pero en primer lugar deseo que sepa geometría. Y me agrada la sentencia de Pánfilo, antiguo y noble pintor, que estimaba que ningún pintor pudiera pintar bien si no sabe mucha geometría. Nuestros primeros preceptos, por medio de los cuales se expresa toda la perfecta y absoluta arte del pintor, serán entendido fácilmente por el geómetra, pero quien no conoce geometría no comprenderá aquellos preceptos ni ninguna otra regla; por lo tanto afirmo que es necesario al pintor aprender geometría”.

Plinio el Antiguo refiere en su Historia Natural (XXXV - 76) que Pánfilo, maestro de Apeles y Menancio, afirmaba que el pintor debía conocer especialmente Aritmética y Geometría, sin lo cual ninguna obra podía ser llevada a cabo a la perfección. (*praecipue Arithmetice et Geometricae, sine quibus negabat artem perfici posse*).

Más tarde, en la Introducción al Tratado de la Pintura, Leonardo advertirá: “No me lea quien no sea matemático, en mis principios” (W. 19.118 b); y, al tratar la perspectiva, agrega:

“Entre los estudios de las cosas y causas naturales, la luz deleita más a los contempladores; entre las cosas grandes de la matemática, la certeza de la demostración levanta más preclaramente el ingenio de los investigadores; la perspectiva, por consiguiente, debe preceder a todos los tratados y disciplinas humanas, porque en su estudio la línea luminosa interviene en las demostraciones matemáticas, y entonces se encuentra la gloria de la física y de la matemática, adornadas con las flores de una y de otra. Yo resumiré los axiomas de la perspectiva en cerrada brevedad, tejiendo las leyes naturales con las demostraciones matemáticas”. (C. A. 203 a).

Porque “Ninguna investigación humana se puede considerar verdadera ciencia — y la Pintura para Leonardo es una Ciencia — si no pasa antes por las demostraciones matemáticas”. (Urb. I b).

En 1451, un año antes de nacer Leonardo, Pier della Francesca pintaba el retrato de Sigismondo Malatesta arrodillado ante su protector, San Sigismondo, en el templo proyectado por León Battista Alberti y hecho construir por Malatesta para el sepulcro de su amada, la "divina Isotta da Rímíni, por su belleza y virtud decoro de Italia". *D. Isottae Ariminensis, forma et virtute decori Italiae*, según reza un medallón del templo. Templo inconcluso e inconsagrado, porque el papa Pío II, implacable enemigo de Sigismondo Malatesta, consideró a esta obra maestra de la arquitectura como una profanación.

"En un templo — exclamó indignado el papa — erigió un sepulcro para su concubina a la cual, como los paganos, le dió el título de divina". (*In eo templo concubinae suae sepulcrum erexit, et artificio et lapide pulcherrimum adiecto gentili more in hunc modum: Divae Isottae*).

La cúpula grave, pesada y hemiesférica que había proyectado Alberti, y en la cual más tarde debían inspirarse Leonardo, Bramante y Miguel Angel, no se construyó nunca; y el templo más bello del Cuatrocientos quedó sin cúpula y sin Dios, porque — según el papa — "Alberti lo llenó de tantas obras paganas que más que templo de cristianos parece de infieles adoradores del demonio".

No debe deducirse de las expresiones airadas del papa un espíritu retrógrado y una mente estrecha: muy al contrario; es sabido que Pío II — o Eneas Silvio Piccolomini — era uno de los hombres más eruditos de su siglo, y sólo la animadversión hacia Sigismondo Malatesta le impedía ver en el admirable templo el triunfo del amor, de la fuerza y del arte.

De Alberti son muy conocidas las obras de Arquitectura, poco conocidas las de Literatura, desconocidas las de Pintura — con las cuales él dice "que hacía milagros" — y casi ignoradas las de Mecánica. Su obra "Dei pondi e lieve di alcuna ruota", ilustrada con espléndidos dibujos del mismo Alberti — dibujos que representan molinos, bombas para extracción de agua, arganos y mecanismos para el levantamiento de pesos — y cuyas notas al margen son de Leonardo da Vinci, es aún inédita.

En la Exposición Leonardesca que se realizó durante el año 1939 en Milán, una de las veinticinco Salas de la misma — la Sala VII — estaba dedicada a 130 libros que consultó Leonardo. Era su biblioteca, una biblioteca en que había reunido las obras de los Maestros, sus precursores y sus contemporáneos.

Desde Arquímedes y Herón a Roberto Valturio, Iácopo da Siena Julián da Sangallo, a través de Vegecio y Vitruvio, y Oresme y Jordano Nemorario, y Alberto de Sajonia, y Conrado Kyeser y Fioravanti, aquella biblioteca comprendía en 130 libros dieciocho siglos de la Historia de la Mecánica, que sólo el genio de Leonardo era capaz de reunir, conocer e interpretar.

Del mismo modo que cuando era "giovinetto" y ayudaba a Verrocchio en la esfera y la cruz de la Catedral, era capaz de conocer e interpretar "las cosas extrañas" que hablaba el anciano Toscanelli mientras trazaba en el templo el gran reloj donde el Sol debía marcar el eterno pasar de las horas, siempre iguales y siempre diferentes.

Han transcurrido muchos años desde entonces. Ante la figura luminosa de Leonardo las de los antiguos Maestros se han desvanecido; como las estrellas, que en la oscuridad de la noche derraman su tranquila luz sobre la tierra, se desvanecen cuando la nueva aurora ilumina las cumbres de los Apeninos.



En la exposición Leonardiana que se realizó durante el año 1939 en Milán una de las reimpresiones de las mismas — la del V. II — estaba dedicada a 150 libros que examinó Leonardo. Era su biblioteca personal en que había reunido las obras de los Maestros sus predecesores y sus contemporáneos.

Desde Arquitectos y Escultores Roberto Venturo, Jacopo da Siena, Juan de Barchelona, Gherardo de Vercelli y Vitruvio y Orsino y los Poetas Zennaro y Alberto de Sajonia y Conrad Kretz y Hermann de Silesia. En la biblioteca constaban en 150 libros diecisiete de la biblioteca de la Academia que sólo el conde de Leonarino era capaz de reunir, con sus esfuerzos.

LUCES Y SOMBRAS

El 22 de octubre de 1441 el Podestá de Florencia, el Gonfalonero, los Priors de las Siete Artes Mayores, los Profesores de la Universidad — del Studium —, los Embajadores de las naciones amigas, los representantes del papa, el Arzobispo, el alto clero y una enorme muchedumbre se había congregado en la Catedral; porque allí — debajo de la cúpula que cinco años antes había levantado Brunelleschi — se realizaba un concurso poético, un “certame coronario”, en el cual intervenían los que se consideraban los más célebres literatos de la época. El tema era “La verdadera amistad”, y el premio al vencedor debía ser una corona de plata formada por dos ramas de laurel entrelazadas.

Se presentaron al certamen — según dijimos — los más famosos literatos; por ejemplo: Antonio Agli, Benedetto Accolti, Anselmo Calderoni, Lorenzo Damiani, Mariotto Davanzati, Leonardo Dati, Francesco Malecarni y otros cuyos nombres no recordamos. Cada uno de ellos leyó el poema en versos que respondía al tema propuesto, y cuando el último poeta leyó el último verso, el jurado — del cual formaban parte Jorge de Trebisonda, Poggio, Biondi y Aurispa — se retiró a deliberar.

El fallo no tardó mucho; contrariamente a lo que esperaba la muchedumbre congregada en el templo, el concurso fué declarado desierto.

Hemos citado expresamente los principales nombres de los entonces célebres concursantes y de los Miembros del Jurado porque, a excepción de algún erudito — y muy erudito — profesor de literatura, es difícil que alguien los haya oído nombrar alguna vez. Y sin embargo, en aquel tiempo estos neo-humanistas — porque el humanismo había aparecido mucho tiempo antes — estos neo-humanistas — decíamos — constituían la casta dominante en el campo intelectual, casta cuya característica principal era hablar difícil con frases rebuscadas y retumbantes extraídas de los antiguos autores latinos y griegos. Los grandes autores italianos eran relegados al último lugar, porque el sistema más cómodo que tienen los pequeños para engrandecerse es rebajar a los grandes.

“Dante — decía Niccoli, uno de los neo-humanistas — Dante es “un poeta cuyas páginas sólo pueden servir a los drogueros para envolver sus drogas y a los almaceneros para que envuelvan el pescado salado”.

Es claro que no todas las opiniones eran tan categóricas como la de Niccoli; pero la verdad es que el *humanista* era un ser privilegiado que se consideraba superior a los demás mortales porque tenía la entrada libre en los palacios y la protección de los poderosos, o sea de los individuos, de las familias o de las castas que habían transformado las antiguas repúblicas en Señorías.

En la República de Florencia no podía ser admitido al Consejo de Gobierno quien no estuviese inscripto en una de las Siete Artes Mayores o en una de las Catorce Artes Menores, y que, además, ejerciera el Arte correspondiente.

Como se ve, el sistema era muy democrático; pero en la práctica los Priors que constituían el Consejo — y que con el Podestá y el Gonfalonero formaban *la Signoria* — eran elegidos siempre entre las Siete Artes Mayores, es decir: 1) el Arte de la Lana; 2) el Arte de la Seda; 3) el Arte de Calimala, o sea de los que daban terminación a los tejidos extranjeros; 4) el Arte de los Peleteros; 5) la de los Jueces y Notarios; 6) la de los Médicos y Drogueros; 7) la de los Banqueros y Cambistas.

La simple enumeración de las Artes Mayores, entre cuyos inscriptos se elegían los *Priori*, demuestra que la República era dirigida sólo por la burguesía acaudalada. Los pintores, escultores, “maestri di murare” (ingenieros y arquitectos), orfebres, mecánicos, etc., pertenecían a las Catorce Artes Menores y eran prácticamente excluidos del gobierno y de los cargos directivos.

Y no podía ser de otro modo, ya que Aristóteles había dicho que “el Estado ideal no debe dar derechos de ciudadano al obrero mecánico” y que “las Instituciones donde el obrero mecánico predomina son las peores que existen”. Entonces el mecánico era un ser inferior; la mecánica, como el “arte di murare” era un Arte Menor. Llamar *ingeniero* a una persona equivalía a una ofensa; *matemático* era en el idioma italiano antiguo — y lo es aún en el moderno — sinónimo de mentecato; y, en cuanto al artista, ¿quién se atrevía a considerarlo en pie de igualdad con un gentilhombre?

“El gentilhombre (cortigiano) perfecto — dirá Baldassarre Castiglione en “Il Cortigiano” — debe probar su capacidad en el arte, pero la profesión de artista no es adecuada para un gentilhombre”.

Todo lo cual parece una ruda contestación a la pregunta angustiosa que Leonardo dirige a los maestros “fabricieri” de Pavía:

“Los míseros estudiosos con qué confianza pueden esperar un premio a sus virtudes?” (C. A. 323 a)

En consecuencia, quien dedicaba el propio intelecto a una de las Artes Menores, quien era por ejemplo artista o ingeniero, era porque sentía tan grande amor para su profesión que abandonaba a otros la gloria efímera de los cargos dirigentes; y ese amor para la profesión

hizo que los nombres de aquellos artistas y de aquellos ingenieros atravesaran los siglos y cubrieran de esplendor a la época en que vivieron.

En los cargos dirigentes predominaban los inscriptos en el Arte de los Banqueros y Cambistas, porque con el oro podía comprarse desde la espada del aventurero hasta el poema laudatorio del literato o la frase hecha de los filósofos neo-platónicos. “*Ese conjunto de habladores discordantes — según los definía León Battista Alberti — unánimes sólo en la estulticia de juzgar delirantes y dementes a los que no los siguen en sus sistemas de vida, en sus costumbres y en sus inclinaciones*”, ese conjunto de mediocridades adquiriría un aire de superioridad tanto más ostentoso por cuanto constituía una especie de sociedad de socorro mutuo, un círculo cerrado cuyos acólitos no permitían la entrada a quienes no pertenecían a su cofradía, y que, mientras se disputaban el lugar para adular a los poderosos, despreciaban a los sabios y a los artistas, aparentemente porque no eran literatos, pero en realidad porque no disponían de riquezas materiales.

“Sé bien — escribirá Leonardo — que por no ser yo literato puede haber algún presuntuoso que le parecerá poderme criticar diciendo que soy un ignorante (homo sanza lettere). ¡Gente estulta! No saben estos tales que yo podría contestarles como Cayo Mario a los patricios romanos: Los que se adornan con los trabajos ajenos, los míos a mí mismo no me quieren conceder.

“Y cuando dicen que por no ser literato no podré exponer bien lo que quiero tratar, es porque no saben que mis cosas no derivan de las palabras sino de la experiencia que fué maestra de quienes supieron escribir”. (C. A. 119 b)

“Si bien no sé citar autores como lo hacen ellos, hago mucho mayor y digna cosa cuando cito la experiencia, maestra de sus maestros. A mí, inventor, me desprecian tanto más porque ellos no pueden serlo, ya que no son más que trompeteros y recitadores de las obras ajenas”. (C. A. 117 a)

En 1480 Leonardo percibió una lira y seis sueldos, es decir unos noventa y seis centésimos de nuestra actual moneda, para pintar un viejo reloj. Hacía cuatro años que había salido de la “*bottega*” de Verrocchio; Verrocchio estaba en Venecia modelando el “*Colleoni*” y Leonardo aun no había encontrado quien reconociera su valer.

Dos años antes, las fuerzas de Alonso el Magnánimo, rey de Nápoles, y de Federico da Montefeltro — ambos aliados del papa Sixto IV — habían puesto en peligro la República de Florencia sitiando Forte del Colle a ocho millas de la ciudad. La guerra era una represalia del papa contra los florentinos que habían preferido a los Médici y hecho justicia sumaria a los Pazzi, banqueros del papa y conjurados contra los hermanos Lorenzo y Julián de Médici.

Como Julián había sido asesinado por los conjurados, quedó Lorenzo árbitro de la República sitiada. En vano Leonardo "inventor" ideó máquinas de guerra para defenderla; ninguna de sus ideas se puso en práctica: un viaje de Lorenzo "il Magnífico" a la corte del rey Alfonso "il Magnánimo" en Nápoles bastó para que el primero comprara la paz e hiciera desvanecer la amenaza que pesaba sobre Florencia.

Los proyectos de Leonardo no fueron nunca tenidos en cuenta; quedaron en estado de proyectos y se pueden ver aún en el Códice Atlántico, especialmente en las hojas 4 a, 32 b, 37 b, 40 b, 50, y 56 b. Y corresponde a esta misma época una hoja conservada en la Galería de los Oficios que contiene — además de un bosquejo de máquina — un dibujo de un adolescente, uno de un hombre maduro y una frase: ". . . bre de 1478. Comencé las dos vírgenes Marías".

Porque la misma mano que doblaba una herradura y dibujaba máquinas de guerra, pintaba las dulces sonrisas de los ángeles y de las vírgenes.

Se supone que una de las dos vírgenes a que se refiere Leonardo sea la "Madonna Benois", vendida en 1908 al Museo del Ermitage de San Petersburgo por 15.000 rublos — unos ochocientos mil pesos de nuestra moneda actual — y que debe su nombre al hecho de haber sido donada por el último propietario como regalo de bodas a su hija, esposa del ingeniero Benois.

Y se supone también que la otra virgen sea la "Madonna della Giara" que representa a la virgen con un jarrón de flores "piú vivi della vivezza" — dice Vasari — más vivas que la vida misma.

Es de esta época también la "Virgen del Gato", así llamada porque Leonardo había pintado al niño Jesús jugando con un gato. Las autoridades eclesiásticas consideraron que pintar a Dios jugando con un gato era una irreverencia punible con la destrucción del cuadro y con la prisión; el cuadro no existe y Leonardo escribirá más tarde: "Cuando hice al Dios niño me hicisteis encarcelar, si lo hiciera grande me haríais algo peor" (mi fareste peggio).

Por fin, en 1480 parecía que hubiera encontrado quienes desearan utilizar sus conocimientos, no como mecánico o ingeniero militar, sino como pintor. Un tal Simón, después de haber sido comerciante durante toda su vida, a la vejez se había hecho fraile en el convento de San Donato di Scopeto. Cuando falleció dejó una propiedad suya al convento, con la condición que los monjes pagaran 150 florines de dote a su hija Elisabetta.

Como en aquel momento los monjes no disponían de los 150 florines, convinieron que los pagara Leonardo, quien recibió como garantía la propiedad que Simón había dejado al convento. Para rescatar la propiedad, los monjes debían abonar a Leonardo 300 florines en el curso de treinta y seis meses, pero Leonardo debía entre-

garles — además de los 150 florines para la dote de Elisabetta — un retablo que representaba la “Adoración de los Reyes Magos”, para cuya ejecución tenía un plazo de treinta meses. Todos los gastos inherentes al retablo: colores, pinceles, oro, plata, etc., debían ser de su cuenta.

En resumen, por este original y curioso contrato, Leonardo debía desembolsar de inmediato 150 florines y los gastos inherentes a su obra; recibiría 300 en el curso de treinta y seis meses, pero como debía terminar el retablo, quiere decir que éste valía la diferencia, o sea 150 florines, equivalentes a unos noventa pesos de nuestra moneda actual.

Leonardo comenzó la obra en 1481; pero, no pudiendo adelantar los 150 florines convenidos, el contrato fué anulado y la obra quedó sin terminar. En pago de lo que había hecho, Leonardo recibió de los monjes un barril de vino y tres bolsas de trigo; y los monjes escribieron en el diario del convento: “il tempo passava et a noi ne veniva pregiuditio”; el tiempo pasaba y a nosotros nos perjudicaba.

El cuadro inconcluso de la “Adoración”, que Adolfo Venturi describe como “una fantástica escena de fuegos fatuos serpenteantes en la sombra nocturna”, está ahora en la Galería de los Oficios, al lado del “Bautismo de Cristo” del Verrocchio.

Nos hemos detenido sobre algunas de las primeras obras de Leonardo porque ellas demuestran que, si en pocos miles de kilómetros cuadrados había diez, quince, veinte repúblicas que hacían milagros, — según dijimos anteriormente — es porque la Tierra de los Prodigios era tan fecunda en mentes geniales que la dificultad no consistía en encontrar un hombre superior sino cómo hacer para no encontrarlo; pero frente a aquellas mentes geniales se extendía “el vulgo docto y el ignorante”, cuya misión — como en todas las épocas de la Historia — era la de crear dificultades, contrariedades y hostilidad al hombre superior.

“Ingrata patria — exclamará Miguel Angel — que a tus mejores hijos das más sinsabores!” Y Vasari observará más tarde que “Florencia trata a los artistas como el tiempo a sus criaturas; después de crearlos, los destruye consumiéndolos lentamente. “Lo que concuerda con la melancólica frase de Leonardo: “Los Médici me crearon y me destruyeron”. *I Medici mi creorno e' mi distrúsono.*

En la Biblioteca Nacional de Florencia hay un Códice que se llama “Magliabecchiano”; en el Códice hay un relato del Anónimo Gaddiano en el cual se afirma que Leonardo “estuvo desde joven con el Magnífico Lorenzo de Médici, quien dándole provisiones le hacía trabajar en el jardín que da a la Plaza de San Marcos de Florencia”. Y agrega, siempre refiriéndose a Leonardo: “Tenía treinta años cuando fué enviado por dicho Magnífico Lorenzo al duque de Milán para presentarle, junto con Atalante Migliorotti, una lira, porque era único en tocar tal instrumento”.

Si es verdad lo que dice el Anónimo Gaddiano, el Magnífico Lorenzo, el protector de las artes y de las letras, no vió en Leonardo — que había estado con él desde joven — ni al pintor del ángel del cuadro del Verrocchio, de la *Anunciación*, de la *Adoración*, del *San Jerónimo* o del *retrato de Ginevra Benci*, ni al inventor de máquinas, ni al proyectista de la canalización del Arno; sólo vió al músico que tocaba muy bien la lira, y como tal lo envió a Milán. Y como “suonatore di lira” Leonardo fué admitido en la corte de Ludovico *il Moro*.

El ambiente de Milán no era muy distinto del florentino ni de las otras ciudades de Italia. En Milán estaba Bramante que debía dar la majestad romana a la nueva arquitectura, y si el valor del intelecto se apreciara por la remuneración, el intelecto de un cantor o de un tocador de laúd valía el triple del intelecto de Bramante, porque Bramante tenía en Milán un sueldo de 5 ducados mensuales — unos 18 pesos de nuestra moneda — mientras un tocador de laúd o un cantor percibían como mínimo 15 ducados por mes.

De modo que para Leonardo la profesión de “suonatore di lira” podía ser mucho mejor remunerada que la de artista o de ingeniero, tanto más que según el Anónimo citado, y según sus casi contemporáneos Lomazzo, Paolo Giovio y Vasari, Leonardo era un músico tan excelente que superó a todos los músicos de su tiempo.

Pero, como los beneficios materiales no atraen a Leonardo, dirige una carta - presentación a Ludovico el Moro exponiendo sus conocimientos, no como músico, sino como ingeniero y arquitecto. Ser pintor y escultor tiene para él una importancia secundaria, porque en la carta mencionada — en la cual dice que sabe construir, edificar, excavar canales, hacer puentes fijos y móviles, y cañones, y bombardas, y túneles, y carros armados — agrega casi incidentalmente: “Ejecutaré en escultura, de mármol, bronce y arcilla, y asimismo en pintura, todo lo que sea posible hacer, en parangón de cualquier otro, y sea quien quiera”.

Y después de haber propuesto ejecutar el monumento “que será gloria inmortal y honor eterno del señor vuestro padre y de la inclita casa Sforza”, termina ofreciendo a Su Excelencia, “a la cual se recomienda *todo lo humildemente que puede*”, efectuar los experimentos necesarios si las cosas que propone hubiesen parecido imposibles realizar.

Es difícil cerrar con más orgullo y urbanidad la carta que firmaba textualmente “Leonardo da Vinci — Florentino — Leonardo” y dirigía “Al mio Illustrissimo Signore Ludovico - Duca Di Bari”.

No haremos aquí la historia de Ludovico el Moro, duque de Bari, quien, bajo el título de Regente del Ducado de Milán en nombre de su sobrino Gian Galeazzo Sforza, era en realidad el verdadero dueño y señor de aquel ducado, antes y después de la muerte de Gian Galeazzo acaecida en 1494. Sólo recordaremos que la opinión

pública acusaba de esta muerte al mismo Ludovico, y que es notable a este propósito un trozo del "Diario" de Giovanni Boltraffio, quien con Marco d'Oggiono, Césare da Sesto y el pequeño Giácomo Caprotti apodado Salai (diablillo), formaban en Milán la "familia" de discípulos de Leonardo.

"Esta noche — dice Boltraffio — una muchedumbre excitada por gente que aseguraba que el Moro había envenenado al duque Gian Galeazzo con la ayuda de Leonardo, ha rodeado la casa gritando: "¡Muerte! ¡Muerte! ¡Envenenador! ¡Anticristo!" Leonardo escuchaba las injurias de la muchedumbre, impasible. Cuando Marco d'Oggione quiso tomar su arcabuz para tirar sobre los asaltantes, él lo detuvo.

"El pequeño Giácomo, con riesgo de la vida, se ha abierto el camino entre la muchedumbre enfurecida y, después de recorrer algunas calles, encontró una patrulla que condujo a nuestra casa. Al mismo momento que las puertas rotas cedían bajo el empuje de los sitiadores, los soldados se lanzaron sobre los amotinados y éstos huyeron. Giácomo está herido en la cabeza por una piedra que por poco lo mata; pero el pilluelo es feliz porque sabe que ha salvado "la vida a su maestro".

El relato anterior corresponde a fines de 1494; la carta-presentación de Leonardo a Ludovico el Moro es del 1483, cuando tenía treinta y un años.

En el período comprendido entre los treinta y un años y los cuarenta y siete años — es decir de 1483 a 1499 — pinta la Virgen de las Rocas, dos salas del Castillo Sforzesco, los retratos de la familia de Ludovico el Moro, la Cena; ejecuta el monumento a Francesco Sforza de más de siete metros de altura, estudia los proyectos para la cúpula del Duomo de Milán y para la Catedral de Pavía, tipos de templos y de ciudades modernas con desagües, canales, calles de doble nivel para tránsito de vehículos y peatones; estudia la propagación, la reflexión y la refracción de la luz, el ojo humano, el sonido, la perspectiva, los problemas de Matemática y un sinnúmero de máquinas; máquinas de guerra y máquinas de tejer; máquinas para la Metalurgia y máquinas de hilar; enuncia la ley de la inercia y se dedica al estudio de los canales, de las esclusas, del movimiento del agua, del frotamiento, de la Astronomía, de la formación de las montañas, de la Anatomía, de la Botánica y de los fósiles.

¿Y cuál ha sido el beneficio inmediato de todo esto? "Mucho lamento — dirá en una carta a Ludovico — que la necesidad de ganar el sustento me haya obligado a interrumpir la continuación de la obra que Vuestra Señoría me encargó; sin embargo, espero que en breve habré ganado tanto que podré satisfacer con ánimo reposado los deseos de Vuestra Excelencia, a la cual me recomiendo. Y si Vuestra Excelencia creyese que yo tengo dinero, se engañaría; porque tuve

que mantener seis personas (ayudantes) durante treinta y seis meses y sólo he recibido 50 ducados". (C. A. 315 b)

Su Excelencia el duque Ludovico no oyó el pedido de Leonardo; en la hoja del Códice Atlántico 355 b está la insistencia en el mismo; pero como la hoja está rota, las frases cortadas parecen reflejar la angustia del genio abandonado.

- ...Y si me da alguna comisión de alguna...
- ...del premio de mi servicio. Porque no soy capaz de ...
- ...cosas que se me asignaron, porque ellos tienen entradas...
- ...que ellos pueden ordenar más que yo...
- ...no el arte mío, que yo lo quiero cambiar...
- ...darme alguna vestimenta, si yo osara una suma...
- ...Señor, sabiendo yo que la mente de Vuestra Excelencia esta ocupada...
- ...el recordar a Vuestra Señoría mis pequeñas cosas y las artes silenciadas...
- ...que mi callar fuese causa de irritar a Vuestra Señoría...
- ...mi vida a vuestro servicio me tiene continuamente dispuesto a obedecer...
- ...del caballo no diré nada porque conozco los tiempos...
- ...a Vuestra Señoría, como yo quedé de recibir el salario de dos años del...
- ...con los maestros que continuamente estuvieron a mi cargo y gastos....
- ...obras famosas por las cuales yo pudiese mostrar a la posteridad que yo he sido...
- ...por todas partes, pero no sé dónde ejecutar mis obras...
- ...el haber yo atendido a ganarme la vida...

La necesidad de ayuda ante la invasión extranjera conducida por un italiano, el mariscal Trivulzio, hizo que Ludovico recordara lo que debía a sus amigos, pero ya era tarde. Leonardo escribirá en sus notas: "Il duca perse lo Stato e la roba e la libertà, e nessuna cosa si fece per lui".

Frase lapidaria, cuya parte final en su doble significado que "nada hizo" y "nadie hizo nada por él" es digno epitafio para quien pasó por la vida a través de sendas tortuosas.

La invasión extranjera destruyó el modelo del monumento a Francesco Sforza porque los arqueros lo tomaron como blanco de sus flechas. Tres siglos después la civilización había adelantado mucho; ya no se usaban arcos y flechas sino fusiles, y otra invasión extranjera —también conducida por un italiano que en aquel tiempo todavía se llamaba Buonaparte— tomaba como blanco de sus tiros las figuras de la "Cena" y transformaba el refectorio del convento de Santa María delle Grazie en cuadra para la caballería.

Y, sin embargo, a veces los conductores de estas invasiones sabían valorar el genio.

Después de una vida errabunda por Mantua, Venecia, Florencia y, por último, a través del centro de Italia como ingeniero militar de César Borgia, en 1503 Leonardo vuelve a Florencia; y en 1506 consigue una licencia de la "Signoría" para volver a Milán sin haber terminado de pintar el fresco que representaba la Batalla de Anghiari, fresco que con otro que al mismo tiempo ejecutaba Miguel Angel eran —según Benvenuto Cellini— "la scuola del mondo".

A los tres meses pide a la "Signoría" una prórroga de la licencia; Charles d'Amboise, comandante de las tropas francesas que ocupaban la Lombardía, intercede inútilmente para que se le conceda la prórroga; y Pier Soderini, Gonfalonero Perpetuo de la República de Florencia, contesta a Charles d'Amboise:

"... Deseamos que no se nos pida por él prórrogas suplementarias, porque su obra debe satisfacer la universalidad de los ciudadanos, y nosotros no podemos dispensarle de sus obligaciones sin comprometer nuestra responsabilidad."

A tales argumentos más o menos burocráticos, Charles d'Amboise replicó el 16 de diciembre de 1506:

"Las obras excelentes dejadas en Italia, y especialmente en Milán, por Leonardo da Vinci, vuestro conciudadano, han obligado a todos sus admiradores a amarle de un modo particular mucho antes de conocerle. Nosotros confesamos estar comprendidos entre ellos.

"Desde que, viviendo con él, hemos podido apreciar sus cualidades de hombre y de artista, consideramos en verdad que su nombre, ya muy famoso en pintura, no tiene el brillo que merece en los otros dominios del Arte y de la Ciencia (1). En las diferentes cosas que nosotros le hemos pedido, como dibujos y proyectos de Arquitectura, nos ha dejado satisfechos de tal modo que hemos concebido una gran admiración por él. Es por eso que os agradecería si lo dejárais con nosotros algunos días más que lo que fija su licencia.

"No agradeceremos cuando él vuelva a su patria nos parecería faltar a la gratitud.

"Y si verdaderamente es necesario recomendar a sus compatriotas un hombre de su valer, yo os aseguro que lo que haréis para aumentar su suerte y su bienestar constituirá para nosotros un verdadero placer, y tendremos por ello la mayor obligación hacia Vuestras Magnificencias".

Esta carta en la cual un extranjero recomendaba Leonardo a sus compatriotas no tuvo ningún resultado. Fue necesario que interviniera el mismo rey de Francia, Luis XII, con otra carta dirigida a

(1) "Ma dappoi che qua l'havemo manegiato et cum experientia provotato le virtute sue vedemo, veramente che el nome suo, celebrato per pictura, é obscurato a quello che meritaria essere laudato in altre parte che sono in lui de grandissima virtute . . ."

“Nos très chers et grands amys, alliées et confederez, les Princes et le Gonfalonier Perpetuel de la Seigneurie de Florence”, pidiendo para Leonardo una licencia ilimitada; y a esta petición procedente de tan grande altura la “Signoría” no pudo negarse, a pesar que le resultaba extraño que el rey de Francia se preocupara tanto por un pintor. Pero Pandolfini, Embajador de Florencia en Francia, explicó el hecho.

“Y todo eso vino —dice Pandolfini en una relación enviada a la “Signoría” en enero de 1507— por un cuadrito que él hizo en Florencia, recibido recientemente y que aquí lo consideran como una gran cosa.”

El cuadrito, de cincuenta y tres centímetros de ancho y setenta y siete de alto, que los extranjeros “consideraban como una gran cosa” y sobre el cual Pandolfini, como buen diplomático, no emitía su opinión, era la *Gioconda*.

Sus protectores extranjeros son expulsados de Milán en 1512; Milán aclama a Maximiliano Sforza, hijo de Ludovico el Moro. En Roma muere el papa Julio II “hacedor de todas las desgracias de Italia” —dice Guicciardini. Es elegido papa el hijo de Lorenzo el Magnífico, Juan de Médici, quien toma el nombre de León X, el *papa mecenas*; y Leonardo va a Roma donde lo habían precedido Miguel Ángel, Bramante, Rafael, Luca Pacioli, Julián de Sangallo y Fra Giocondo.

Leonardo es bien recibido en la corte pontificia porque es amigo de Julián de Médici —hijo también de Lorenzo el Magnífico, y, por consiguiente, hermano del papa—. Se le da un alojamiento en el Belvedere y allí se dedica a sus estudios sobre el vuelo de los pájaros, sobre Óptica, Hidráulica, Mecánica y Anatomía, y sobre la desecación de los Pantanos Pontinos.

León X le encarga un cuadro; y cuando Leonardo comienza a estudiar las plantas de los jardines del Belvedere para destilar de ellas nuevos colores, el “papa mecenas” da su conocida opinión relativa a Leonardo: “Este nunca hará nada; ya que comienza por pensar al final antes de pensar al principio”.

Y ésta es la última opinión que se conoce, mientras él vivía, de una autoridad contemporánea.

El ambiente le es adverso porque, siguiendo una ley de la Naturaleza “que a veces procede como una piadosa madre y otras veces como una cruel madrastra” (S. K. M. III 20 b), el ambiente tiende siempre a proteger a los pequeños, a los que se adaptan, y a eliminar a los grandes, a los *inadaptados*. Leonardo no se aviene con los cortesanos del papa y con el papa mismo; todos ellos han sido educados en la Academia Platónica Florentina que juzgaba a Leonardo “homo sanza lèttère”, y alternan las frases grandilocuentes con jue-

gos estúpidos a costa de pobres imbéciles a quienes tienen en la corte como bufones.

Dos maestros alemanes —Giorgio y Giovanni “degli Specchi”— que lo ayudaban a construir espejos esféricos y parabólicos, le roban los inventos; se le acusa de nigromancia por sus estudios de anatomía y se le prohíbe la entrada a los hospitales para que no efectúe más disecciones.

Julián de Médicis, su único protector, muere en 1516 y en el mismo año Leonardo abandona Italia y parte para Francia. Lo acompaña Francisco Melzi, el fiel discípulo, y lleva consigo toda su fortuna: sus manuscritos, sus instrumentos y sus cuadros cuyas figuras de sonrisas enigmáticas, que recuerdan las enigmáticas sonrisas de las estatuas etruscas, brillan desde las profundidades de los siglos como llamaradas en las sombras.

La sombra: he aquí la verdadera protagonista de sus obras. La sombra de la noche que cae en el cuadro de la *Anunciación*, la sombra de las rocas en el *San Jerónimo* y en la *Virgen de las Rocas*; la sombra de los fondos en el *San Juan* y en todos sus cuadros, donde en las figuras resplandecientes parece que el movimiento fuese una cualidad de la luz y una cualidad de la materia.

La primera figura que se conserva de él es el ángel del *Bautismo*; la última es el *San Juan Bautista*, el Protector de Florencia, *el Precursor*. El primero, en una línea ondulante, es un ángel del Cielo que ha bajado a la Tierra; el último, en una espiral luminosa que brilla en la sombra del fondo, es el hombre de la Tierra que indica las vías del Cielo. Medio siglo separa a ambos; y ambos son el principio y el fin de la obra de Leonardo.

Después, la última anotación en sus manuscritos:

A 24 di giugno il dí di San Giovanni 1518 in Abosa nel palazzo del Clu.

“En el 24 de Junio, el día de San Juan 1518, en Amboise, en el palacio de Cloux.”

Después, el silencio.

Pasaron los años y los siglos. Florencia levantó las estatuas de veintiocho toscanos ilustres en la Piazza degli Uffizi, y dispuso la estatua de Leonardo entre las de Alberti y de Miguel Angel; de Alberti a quien él había seguido y de Miguel Angel que le sobrevivió hasta que nació Galileo, para que en la Tierra de los Prodigios, en el gran anfiteatro comprendido entre los Apeninos y el mar, no se extinguiera nunca la estirpe de los gigantes.



II

LA CIENCIA

II

LA CIENCIA

EL QUADRIVIUM

“Si a veces dudamos de la verdad de las cosas que pasan por nuestros sentidos, cuánto más debemos dudar de la esencia de Dios, de la del alma y de otras cosas semejantes que son rebeldes a los sentidos y, en consecuencia, objeto de discusiones continuas y muchas veces clamorosas, porque donde faltan las razones, sobra el clamor.

“Cuando hay discusiones no hay verdadera ciencia, ya que la verdad es una sola y no admite discusiones; si éstas aparecen, es porque la ciencia que las motiva es incierta y confusa.

“Las verdaderas ciencias son aquéllas que la experiencia ha hecho penetrar por los sentidos silenciando las discusiones; son aquéllas que, en lugar de alimentar con sueños a los investigadores, se fundan en principios conocidos y exactos; y, procediendo sucesivamente por deducciones, también exactas, llegan al fin que se han propuesto.

“Esto puede verse claramente en los primeros elementos de la Matemática: Aritmética y Geometría, que tienen como objeto tratar respectivamente, y con toda exactitud, la cantidad discontinua —el número— y la cantidad continua —la medida—. Y nadie podrá discutir si dos veces tres son más o menos seis, o si la suma de los tres ángulos de un triángulo es mayor o menor que dos rectos.” (Urb. 19a. 19b. Tr. 33.)

Este elogio de las ciencias exactas no es de un positivista moderno: es de Leonardo, quien lo escribió hace cuatrocientos cincuenta años en su “Tratado de la Pintura”. Porque para Leonardo la Pintura es una “*verà Scientia*” —una ciencia exacta— puesto que se funda en demostraciones matemáticas. “Y si los escritores —dice— no la consideran ciencia, no es por culpa de la Pintura, sino porque pocos pintores son literatos y no pueden dar, con la ayuda de la Literatura, su noble valor a la Pintura”. (Urb. 19b, 20a. Tr. 34.)

Por eso, por ser la Pintura una “*vera Scientia*”, Leonardo, que al decir de Vasari es un *bonissimo geometra*, advierte en forma categórica: “No lea mis principios quien no sea matemático.” (W. 19118 b.)

Vasari dice también que, siendo aún muy joven, Leonardo confundía a sus maestros con los problemas que les proponía; de lo cual podría deducirse que la educación matemática del *bonissimo geometra* comenzó antes de las enseñanzas de Verrocchio; Verrocchio

—poeta, matemático, fundidor, arquitecto, escultor, pintor y orfebre—habría desarrollado, en la Ciencia como en el Arte, lo que ya existía.

Es sabido que la educación superior a la elemental se impartía antiguamente en dos etapas: Trivium y Quadrivium; la primera abarcaba los conocimientos literarios, el arte de saber expresarse con lógica y decoro, y comprendía el estudio de tres disciplinas: Gramática, Dialéctica y Retórica. La segunda etapa abarcaba los conocimientos científicos y comprendía cuatro disciplinas: Aritmética, Geometría, Música y Astronomía.

No pueden compararse los antiguos estudios de épocas de síntesis con los que se imparten en los Institutos de Enseñanza de nuestra época de análisis y de clasificaciones; por eso podrá parecer extraño la unión de la Música con la Aritmética, la Geometría y la Astronomía.

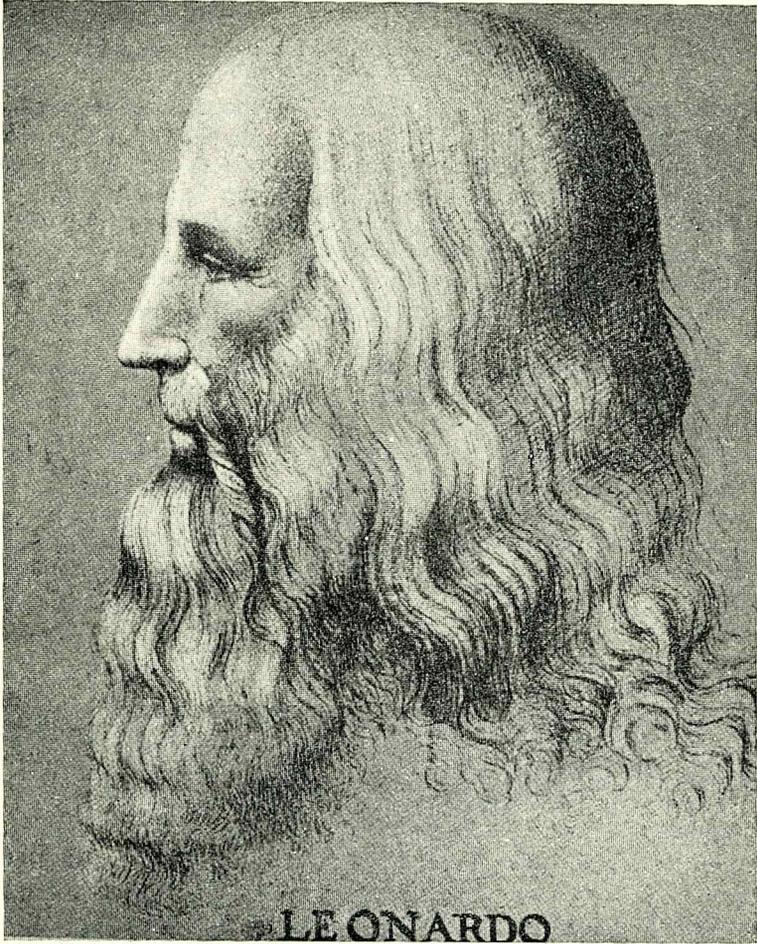
La verdad es que los antiguos tenían una idea diferente de la nuestra respecto a los conocimientos humanos y a las relaciones existentes entre las distintas disciplinas. Para ellos la base de todos los conocimientos científicos y artísticos era la Matemática; y la Matemática se dividía en dos grandes ramas: Aritmética y Geometría. La primera — como dice Leonardo — estudiaba la cantidad discontinua: el número; la segunda estudiaba la cantidad continua: la medida.

En la relación de cantidades —proporción, ritmo, armonía— se fundaba la Música; y en la “armonía de las esferas” la Astronomía. Por consiguiente la “Ciencia Madre” era la Matemática; de ella derivaban todas las ciencias y todas las artes. Dos siglos antes de Leonardo, Dante sujetaba al cálculo y al simbolismo de los números la Divina Comedia; y más de dos siglos después de Leonardo, Alejandro Scarlatti llamará a la Música “figliuola della Matematica” —hija de la Matemática.

Al decir que de la Matemática derivan todas las ciencias, naturalmente debe incluirse en ellas la ciencia de la Pintura.

“El primer principio de la ciencia de la Pintura — dice Leonardo al comenzar su Tratado — es el punto; el segundo es la línea; el tercero es la superficie; el cuarto es el volumen (*corpo*) que se viste de tal superficie. Y esto en cuanto a la representación de un volumen, porque la pintura no se extiende más allá de la superficie por medio de la cual se representa un volumen, figura de cualquier cosa existente”. (Urb. I b-2ª. - Tr. 3)

El primer problema que debe resolver el pintor es la representación de un sólido, que tiene tres dimensiones, sobre una superficie que sólo tiene dos dimensiones. “El primer objeto de la pintura — dice Leonardo — es que los cuerpos que ella representa tengan relieve y que el paisaje circundante aparezca con sus distancias de modo que demuestren lejanía y profundidad” (*dimostrino entrare dentro alla parete*).

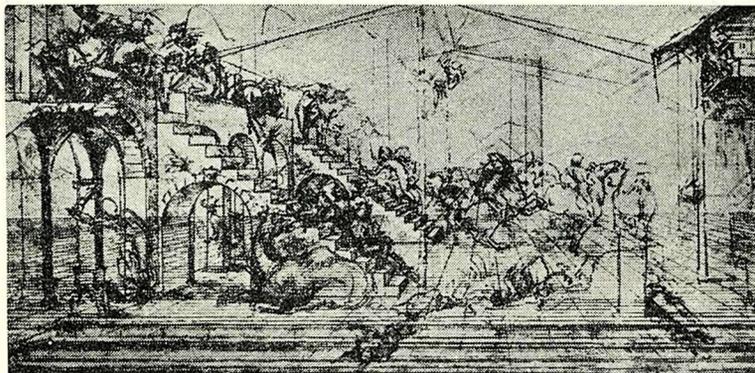


Retrato de Leonardo por Ambrogio de Predis
Biblioteca Real de Windsor

Uno de los medios para conseguir el relieve es la sombra, el otro es la perspectiva; y el “bonissimo géometra” que es Leonardo, utiliza los conocimientos de Geometría para sus “Libros sobre la luz y la sombra” y para las tres clases de Perspectivas: porque la Perspectiva — dice — “es de tres naturalezas: la primera tiene a disminuir los objetos a medida que se alejan del observador; la segunda estudia la variación de los colores de los objetos de acuerdo con la lejanía; y la tercera estudia la variación de la intensidad de las sombras, y de la claridad y nitidez del objeto, de acuerdo con la variación de la distancia”. (C. A. 117 a y 119 b)

Nosotros llamamos a la primera “perspectiva geométrica” y a las otras dos “perspectiva aérea”; todas se unen a la óptica y llevarán a Leonardo al descubrimiento de las leyes de la fotometría (C. A. 47 b - 132 b) y al estudio del ojo. Y, un siglo antes que Aranzio, compara el ojo con la cámara oscura (D. 8 a), aparato inventado por los árabes y que Leonardo reinventa. Y, al estudiar el ojo, llega — entre otras cosas — al descubrimiento que la abertura de la pupila varía en razón inversa a la intensidad de la luz. (C. A. 123 a)

Se pasa así insensiblemente de la Geometría a la Anatomía del ojo “en que todas las figuras, todos los colores y todo lo existente en el Universo se concentran; punto maravilloso que en tan pequeño espacio hace que todo vuelva a dilatarse, y a recomponerse la imagen de las cosas”. (C. A. 345 b) Y a continuación, después de exclamar entusiasmado: ¡Éstos son milagros! — agrega friamente: — “Escribe en tu Anatomía qué proporción tienen entre sí los diámetros de todas las imágenes en el ojo y qué distancia hay entre ellas y el cristalino”.



Estudio de Perspectiva para “La Adoración”
 Florencia. Galería degli Uffizi.

Pero la admiración por ese dilatar y recomponer la imagen de todo lo existente en el Universo en tan pequeño espacio lo lleva a la siguiente consideración:

“Mira tú, lector, cómo los antiguos han querido definir qué es el alma y qué es la vida, cosas que no se pueden demostrar, y han dejado por tantos siglos ignoradas o falsamente creídas las cosas relativas al ojo que se pueden perfectamente conocer y demostrar”. Y termina diciendo con orgullo: “Lo que muchos autores antiguos han dicho que era de un modo yo he descubierto que era de otro”. (C. A. 119 b)

Demuestra que el relieve es debido a la visión binocular (Tr. 38 b. W 19102 a); que la distancia mínima de visión distinta es igual a la longitud del rostro (C. A. 138 b); estudia la irradiación, la variación de la abertura pupilar de acuerdo con la posición del Sol (I 19 b), el movimiento aparente de los objetos fijos (Tr. 38 b); los ojos de los animales (W. 19030 b. - H. 86 a. - G. 44 a. - Mr. M. 64 b. - H. 109 a. etc); compara el cristalino — la “*spera cristalina*” — a una lente, y de la anatomía del ojo pasa a los instrumentos ópticos.

Escribe en sus apuntes: “Haz anteojos (*ochiali*) para ver la Luna grande” (C. A. 190 a), e indica la forma de hacer tales anteojos para ver la Luna “di maggiore grandezza e le sue mácule di piú nota (clara) figura. “Tomarás — dice — un *ochiale* convexo de una parte y cóncavo de la otra y mirarás desde la parte cóncava el objeto que estará del lado de la superficie convexa”. (W. 12326).

La explicación tal vez no sería clara si se tradujera *ochiale* por *gafas*, de acuerdo al italiano moderno; pero si se recuerda que en italiano antiguo *ochiale* significaba *anteojo*, es fácil deducir que la sucinta indicación se refiere al anteojo llamado de Galileo e inventado un siglo después.

Libri, en su “Historia de las Matemáticas en Italia” hace notar que, además de Leonardo, podría atribuirse también el invento del anteojo a Fracastoro (1472 - 1553), famoso médico y poeta de Verona, y contemporáneo de Leonardo. “Si tomas dos lentes (*specilla ocularia*) — dice Fracastoro en su obra “Homocentres” — y superpones una a otra (*alteri altero superposito*) verás todas las cosas más grandes y más cercanas”.

Sin embargo, otra explicación de Leonardo aclarando la primera, hace suponer que deba atribuirse a él y no a Fracastoro el invento del anteojo que un siglo después construirá Galileo. Esa otra explicación aclaratoria la encontró el profesor Argentieri en el Folio 25 del Códice F. La interpretación fué objeto de discusiones, pero la verdad es que en Folio citado hay una serie de indicaciones sumamente interesantes.

En el centro del Folio hay un croquis que representa esquemáticamente un tubo, dentro del cual Leonardo escribe: “Lente de cristal espesa en los bordes de una onza de onza (4 milímetros). Y como

una lenta "espesa en los bordes" es una lente divergente, la indicación antedicha se refiere al ocular, en el que consistía precisamente la novedad, ya que la lente convexa que debía servir de objetivo era de uso general como instrumento indispensable para las personas de cierta edad.

Debajo del tubo está la descripción más completa, cuya parte más notable es el doble uso del instrumento, porque en esa descripción Leonardo llama a su anteojo "*buono per fuori*" (conveniente para mirar lejos) después de haber indicado el modo de usarlo como microscopio (*buono da tenerse in iscrittoio*); y establece que debe darse al tubo una longitud de " $\frac{1}{8}$ di braccio" (72 mm.) para observar objetos lejanos, y " $\frac{1}{4}$ di braccio" (144 mm.) para observar objetos cercanos.

Este tipo de microscopio, compuesto por una lente divergente como objetivo, se llama ahora "microscopio de Brucke" por el nombre del físico que lo *reinventó* cuatro siglos después que lo había inventado Leonardo.

También fué *reinventado*, primero por Juan Bautista Della Porta, después por los holandeses y después por Galileo, el anteojo "*buono per fuori*" y "*para ver la Luna grande*". Y lo curioso es que, después de tanto trabajo de invenciones y reinenciones — cuyo proceso no relatamos para no extendernos más — Descartes escribe en su "Dióptrica" editada en 1637: "Para vergüenza de nuestra ciencia, esta invención tan útil y admirable, no ha sido encontrada sino por la experiencia y el azar (*la fortune*)".

Lo que comprueba que el desconocimiento de lo antiguo, además de obligar a inventar y descubrir lo que ya está inventado y descubierto, hace pronunciar sentencias tan lapidarias como erróneas.

El estudio de la Perspectiva y su consecuencia, el de la Óptica, debía llevar a Leonardo al estudio de los fenómenos luminosos, y, al enunciar la ley de la reflexión de la luz, dice que "la imagen se dirige del objeto al espejo y del espejo al ojo formando ángulos iguales". (C. 16 a). Esta ley, como es sabido, se conocía desde hacía muchos siglos, ya que fué demostrada por Euclides y hasta enunciada en forma poética por Dante en su obra máxima (Purgatorio XV - 16 y sig.); ella permite hallar el rayo reflejado si se conoce el incidente. Pero si el problema es muy sencillo cuando se trata de un espejo plano, es complicado e imposible de resolver exactamente y por medios geométricos cuando se trata de un espejo esférico.

El problema de hallar el rayo reflejado exactamente por medios geométricos en un espejo esférico se llama "problema de Alhazen", por el nombre del físico y matemático árabe del Siglo XII que lo planteó y trató inútilmente de resolverlo.

También lo aborda Leonardo, y ante la imposibilidad de resolverlo por medio geométricos, inventa un paralelógramo articulado



El anteojo

F. 25

Traducción:

Esta lente de cristal debe ser limpia de manchas y muy clara y en los bordes debe ser gruesa de una onza de onza (4 milímetros), o sea $1/144$ de braza, y debe ser delgada en el centro, según la vista de quien la utilice, es decir según la proporción de aquellos anteojos que a él queden bien; y debe ser trabajada en la misma estampa de aquellos anteojos; y sea ancho $1/6$ de braza (10 cm.) y sea largo $1/4$ de braza (15 cm.), es decir que debe ser largo 3 onzas y ancho 2; y este anteojo debe usarse distante del ojo $1/3$ de braza (20 cm.) y otro tanto sea distante de la letra que tú lees; y si ella está distante, parecerá mayor; tanto que la letra común de imprenta parecerá letra de caja de drogueros. Este anteojo es bueno para tener sobre el escritorio; pero si debe usarse para afuera (para distancias grandes) debes hacerlo largo $1/8$ de braza (72 mm.) y ancho $1/12$ (5 cm.).

— el primer paralelogramo articulado de la Historia de la Mecánica — y resuelve el problema mecánicamente. El mecanismo antedicho fué construído, de acuerdo con los dibujos de Leonardo, por el profesor Marcolongo en 1929, y constituyó la primera demostración que sólo con los esquemas y las indicaciones de Leonardo, pueden construirse perfectamente los mecanismos y las máquinas que él proyectó.

El fin que se proponía Leonardo al resolver el problema de Alhazen no era simplemente teórico, no lo guiaba una mera curiosidad: era hallar los rayos reflejados en un espejo cóncavo que él proyectaba construir y con el cual debía obtener imágenes nítidas.

Es sabido que los rayos procedentes de un punto del objeto, después de reflejados no pasan por el mismo punto, sino que son tangentes a cierta curva que se llama "cáustica", curva que es tanto más acentuada cuanto mayor es el ángulo que forman en el centro del espejo los radios que unen ese centro con los bordes; al ángulo antedicho se le da el nombre de "abertura".

Para evitar el defecto de las cáusticas o, en otras palabras, para obtener una imagen nítida, la Óptica moderna aconseja que ese ángulo, esa "abertura", sea menor de 4 grados; en este caso no se pasa del límite Rayleigh, o sea el límite del cuarto de onda.

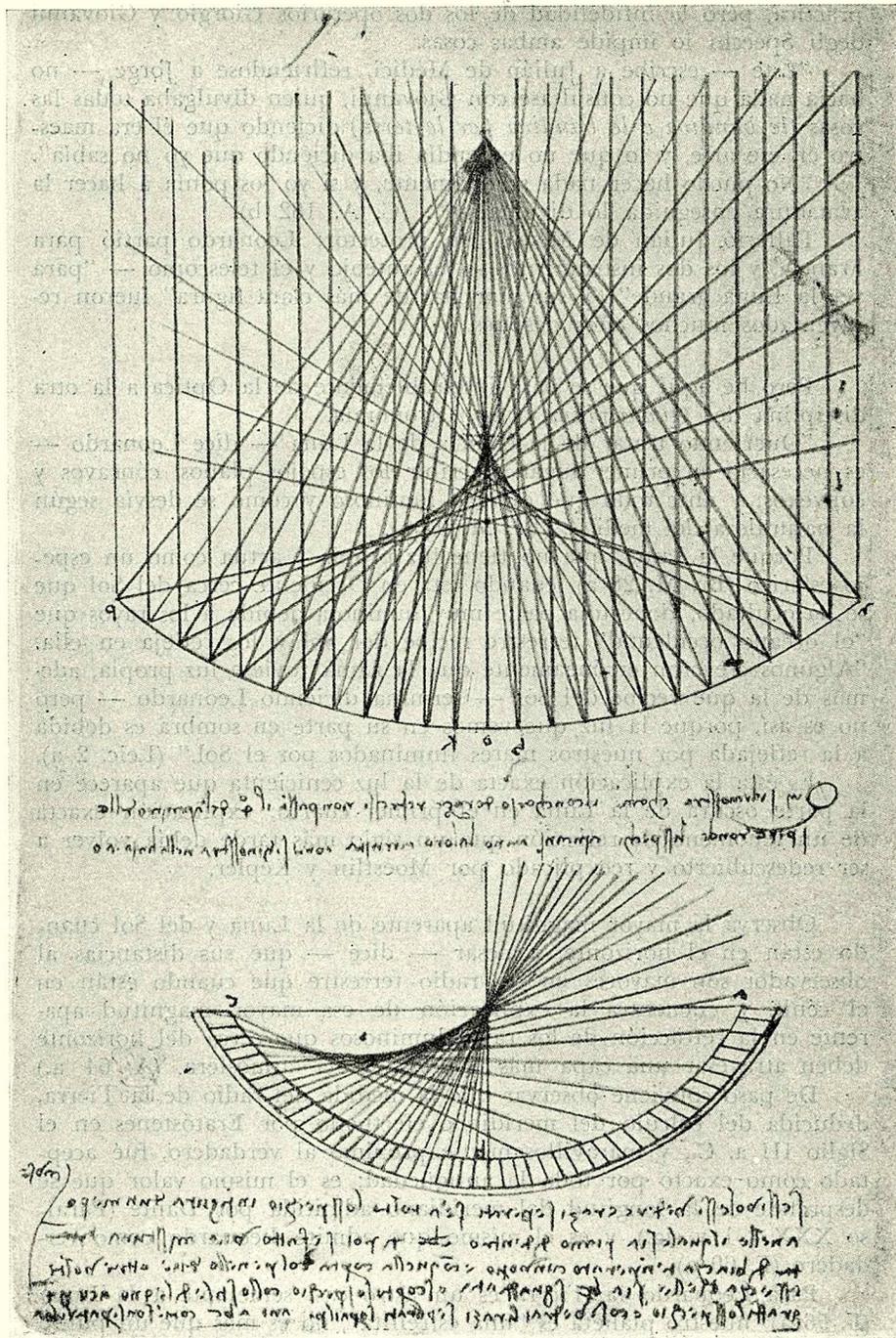
Leonardo estudia las cáusticas en los espejos cóncavos (Br. M. 37 a) durante su estada en Roma, desde 1513 hasta 1516; proyecta un espejo cóncavo de gran alcance y escribe como explicación del dibujo:

"El espejo $o p$ es la cuadragésima parte del círculo máximo de "la esfera que lo origina; mejor sería la quincuagésima; y mejor aún "la centésima". (A. 86 b).

Y esta observación es una de las más notables que se encuentran en los manuscritos de Leonardo. Porque, al aconsejar que el espejo sea la centésima parte de la esfera que lo origina, es porque en este caso el ángulo al centro — la abertura — resulta de $3^{\circ} 36'$, menor que 4° ; por consiguiente, no se llega al límite Rayleigh, que nuestra óptica moderna establece que no se debe alcanzar cuando se desea obtener una imagen nítida en un espejo cóncavo.

Esta concordancia entre lo que aconseja Leonardo y lo que establece la óptica moderna es tanto más asombrosa por cuanto a Leonardo no pudo haberle guiado la experiencia, puesto que no construyó ningún espejo cóncavo: es que muchas veces la intuición del genio llega a sustituir toda nuestra matemática.

El espejo que Leonardo se proponía construir tenía 20 brazas (unos 12 metros) de radio, o sea unos seis metros de distancia focal. Para esto proyecta una máquina inventada por él y destinada a pulir espejos (C. A. 396 b); pero como desea obtener mayores aumentos, quiere fabricar un espejo de una distancia focal diez veces más grande: sesenta metros. Debe construir entonces una armadura colosal y quiere mantener en secreto el invento y la forma de llevarlo a la



Estudios de espejos cóncavos. Las cáusticas.

práctica, pero la infidelidad de los dos operarios Giorgio y Giovanni degli Specchi le impide ambas cosas.

“Éste — escribe a Julián de Médici, refiriéndose a Jorge — no hacía nada que no consultase con Giovanni, quien divulgaba todas las cosas (*le bandiva e le bandiva per le terre*) diciendo que él era maestro en ese arte, y lo que no entendía iba diciendo que yo no sabía”.

“No puedo hacer nada secretamente, y si yo los ponía a hacer la armadura enseguida lo divulgaban”. (C. A. 182 b).

Falleció Julián de Médici, su protector; Leonardo partió para Francia, y los dos instrumentos — el antejo y el telescopio — “para ver la Luna grande” “y sus manchas de más clara figura” fueron re-inventados muchos años después.

Pero he aquí que se pasa insensiblemente de la Optica a la otra disciplina del *Quadrivium*, a la Astronomía.

“Queriendo tratar de la esencia de la Luna — dice Leonardo — es necesario en primer lugar describir los espejos planos, cóncavos y convexos; y ante todo qué es rayo luminoso y cómo se desvía según la naturaleza del medio”. (Br. M. 94 a).

Porque la Luna, que no tiene luz propia y actúa como un espejo esférico (Br. M. 28 a), cuando está en Occidente cerca del Sol que se ha ocultado, tiene una parte muy luminosa debida a los rayos que “el océano occidental” terrestre recibe del Sol y los refleja en ella. “Algunos creyeron erróneamente que la Luna tuviese luz propia, además de la que recibe del Sol — termina diciendo Leonardo — pero no es así, porque la luz que vemos en su parte en sombra es debida a la reflejada por nuestros mares iluminados por el Sol.” (Leic. 2 a).

Es ésta la explicación exacta de la luz cenicienta que aparece en la parte oscura de la Luna en el primer cuarto; explicación exacta de un fenómeno de reflexión que un siglo más tarde debía volver a ser redescubierto y reexplicado por Moestlin y Kepler.

Observa la mayor magnitud aparente de la Luna y del Sol cuando están en el horizonte, a pesar — dice — que sus distancias al observador son mayores en un radio terrestre que cuando están en el cénit, y encuentra la explicación de esa mayor magnitud aparente en la refracción de los rayos luminosos que cerca del horizonte deben atravesar una capa más espesa de la atmósfera. (A 64 a.)

De paso conviene observar que la medida del radio de la Tierra, deducida del cálculo del meridiano efectuado por Eratóstenes en el Siglo III a. C., y maravillosamente próximo al verdadero, fué aceptado como exacto por toda la antigüedad; es el mismo valor que se desprende de la longitud del meridiano admitida por Dante (Paraiso XXX - 1 y sig.), y es el mismo que admite Leonardo como verdadero (F. 60 a).

Para Leonardo la Tierra es un astro casi semejante a la Luna (F. 56 a); nuestro planeta es “una estrellita”, no es más que un punto

en la inmensidad del Universo (F. 41 b); no es fijo, se mueve conservando siempre los mares su forma esférica y equidistantes los puntos de su superficie del centro del globo terráqueo (F. 22 b). Y, por último, medio siglo antes de Copérnico, emite su opinión categórica: *El Sol no se mueve* (W. 12669 a): fruto de las enseñanzas de Toscanelli y de Niccoló Da Cusa.

Trata de explicar todos los fenómenos objetos de sus observaciones, pero una pregunta que se repite incesantemente a sí mismo queda sin contestación: "Todo cuerpo pesado — dice — cae hacia el centro de la Tierra; la Luna es pesada, y ¿por qué no cae? Siendo densa y pesada, ¿cómo se mantiene en el cielo la Luna?" (Br. M. 94 a). Pregunta que nadie se había hecho hasta entonces y a la cual responderá Newton doscientos años después.

Newton, en su "Óptica", defendió la teoría corpuscular de la luz: la luz se transmitiría por medio de corpúsculos que, chocando con el cuerpo opaco, lo iluminan. Huyghens, en su "Tratado de la luz" defendió la teoría ondulatoria: la luz se transmitiría por ondulaciones de un medio imponderable. Todo esto es muy sabido y sólo lo hemos citado para recordar que dos siglos antes de Newton y de Huyghens, Leonardo escribía: "Del mismo modo que la piedra arrojada en el agua se vuelve centro y causa de varios círculos, y el sonido emitido en el aire se expande circularmente, así todo cuerpo luminoso puesto en el aire luminoso esparce circularmente y llena el espacio que lo rodea de infinitas imágenes". (A. 9b)

Huyghens publicó su obra "Tratado de la luz" en 1690, después de haber defendido desde 1678 la teoría ondulatoria fundándola en la similitud entre la transmisión de la luz, las ondas sonoras y los círculos que se forman en la superficie del agua, es decir en la misma que había establecido Leonardo dos siglos antes.

Y la similitud entre la transmisión de la luz y del sonido continúa cuando Leonardo aplica la ley de la reflexión para explicar el eco: "Digo que el eco es debido a la percusión en el oído análoga a la producida en el ojo por las imágenes de los objetos reflejados en los espejos; y así como la imagen cae del objeto al espejo y del espejo al ojo con ángulos iguales, del mismo modo, con ángulos iguales, caerá y se reflejará la voz desde la primera percusión al oído". (C. 16 a)

Se pasa así de la Óptica a la Acústica y de ésta a la tercera disciplina del Quadrivium, a la Música.

Demuestra que las ondas sonoras —como las ondas líquidas— no son debidas a un movimiento de translación, sino a una vibración, "tremore", y que se amortiguan *diminuyendo sua potentia insino al fine*.

Estudia la resonancia, dice que el golpe de una campana "moverá algo otra campana semejante" y "la cuerda tocada de un laúd moverá otra cuerda semejante de otro laúd". Para comprobar la

resonancia, ya que el movimiento de la otra cuerda es pequeño e imperceptible, aconseja poner "*una paglia sopra la corda simile alla sonata*". Actualmente, cuando se estudian las vibraciones de las cuerdas en los fenómenos de resonancia, se ponen sobre las cuerdas que deben resonar pequeños trozos de papel que se llaman "caballeros", dispuestos en la misma forma de las "paglie" que disponía Leonardo para transformar en perceptible un movimiento que no lo es. (A. 22 b).

Para estudiar las vibraciones inventa un "tamburo di tacche"—un tambor de marcas— es decir un tambor sobre cuya piel hay una sierra que da sonidos más agudos o más graves según la velocidad de una rueda que gira delante de ella y que choca con sus dientes. Cambia después el dispositivo y coloca una rueda dentada delante de una lengüeta que está sobre una caja de resonancia de fondo móvil; el giro de la rueda provoca la vibración de la lengüeta y la emisión de un sonido: conociendo el número de giros y el número de dientes, se calcula fácilmente el número de vibraciones de un tono determinado; tono que depende, como se comprenderá, de la velocidad de la rueda.

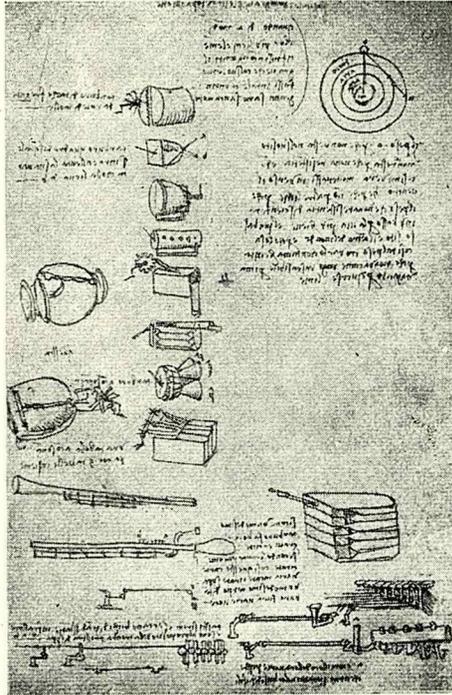
El dispositivo que hemos descrito se llama en Física "rueda de Savart". Savart nació en 1791, y el dibujo y la descripción de Leonardo (Br. M. 175 a) datan de los primeros años del 1500; es decir que el dispositivo que reinventó Savart había sido inventado por Leonardo casi tres siglos antes, y aun más completo, porque la "rueda de Savart" no tiene la caja de resonancia graduable.

No terminan aquí, naturalmente, los estudios de Leonardo sobre la Acústica. Analiza la voz humana, hace dibujos maravillosos de las cuerdas vocales, de la cavidad bucal, de la laringe, escribe un Tratado "De Vocie", inventa instrumentos nuevos y, según dijimos, llega a ser el primer músico de su tiempo.

Si todas las ciencias tenían su fundamento en la Matemática, es natural que las especulaciones matemáticas debían ocupar un lugar de primer orden.

Como es sabido, la Matemática no tenía la extensión que tiene actualmente; no existía aún la Matemática Superior, el Álgebra sólo se reducía a alguna sencilla ecuación y la importancia era reservada a la Aritmética y a la Geometría; y para Leonardo "bonissimo géometra" casi sólo a la Geometría.

No nos detendremos en analizar los conocimientos geométricos que le habían sido impartido a Leonardo: ellos correspondían a los de una persona instruída de su época; lo interesante es su aporte a la Matemática, aporte que se relaciona con la Mecánica y que —por no mencionar sus estudios sobre los centros de gravedad de un semicírculo, de una ménsula, y en general de las figuras planas— comprende el descubrimiento de los tres teoremas relativos al centro de gravedad del tetraedro, o sea:



Acústica. — Dispositivos para el estudio de las vibraciones. El quinto corresponde a la que se llamará más tarde "Rueda de Savari". En la parte superior del folio, a la derecha, caída de los cuerpos según la vertical: "per la via piú breve".

Br. M. 175 a

- 1) Las cuatro rectas que unen los vértices de un tetraedro con los centros de gravedad de las caras opuestas se cortan en el mismo punto, que es el centro de gravedad del tetraedro.
- 2) El punto común a las cuatro rectas las divide en dos partes cuya relación es de 1 a 3. (Br. M. 118 b)
- 3) Los segmentos que unen los puntos medios de los tres pares de lados opuestos de un tetraedro concurren al centro de gravedad. (Br. M. 123 b)

Y a propósito del descubrimiento de estos teoremas por Leonardo, conviene recordar que casi un siglo después —en 1589— ellos fueron redescubiertos por Galileo; y ese redescubrimiento fue una de las causas que valieron al gran sabio la cátedra de Matemática en la Universidad de Pisa.

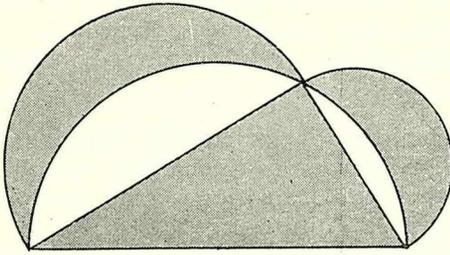
Leonardo generaliza los teoremas relativos al tetraedro y pasa “a toda *pirámide redonda* (cono), cuadrada o de cuantos lados se quiera” (Br. M. 21 b).

En cuanto a su Tratado sobre la “Geometría que se extiende a la transformación de los cuerpos metálicos que son de materia apta a extenderse y a acortarse según la necesidad de los especulantes” puede decirse que es una continuación de la obra que Niccolò Da Cusa dedicó a Toscanelli, y cuyo título era “De Transformationibus Geometricis”. Leonardo agrega la construcción geométrica de problemas de segundo y tercer grado, como la de un paralelepípedo semejante a otro y equivalente a un cubo dado, la transformación de una pilastra de base cuadrada en un cubo, la de un cubo en una pilastra de base cuadrada y de una dada altura, y la construcción de un cubo igual a la suma o a la diferencia de otros dos. Problemas todos ellos que se propone Leonardo y que resuelve en forma elegante y para que fueran aplicables en la práctica, porque no estaban dentro de su modalidad las especulaciones abstractas.

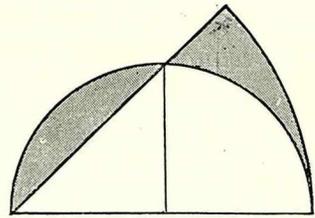
Sin embargo, se apasiona por el estudio de la llamada “lúnulas de Hipócrates” y reúne los resultados de sus estudios en un conjunto al cual pone por título “De ludo geométrico”.

Se recordará que se llaman “lúnulas de Hipócrates” a las superficies comprendidas entre las tres semicircunferencias externas que se describen tomando como diámetro la hipotenusa y los catetos de un triángulo rectángulo isósceles. Puede demostrarse fácilmente que la suma de las áreas de las dos lúnulas es igual al área del triángulo y que, por consiguiente, a pesar de estar limitadas por arcos de circunferencia, su área puede hallarse exactamente; ella es equivalente a la de una figura limitada por lados rectos: es cuadrable.

Leonardo generalizó el teorema; demostró que la propiedad de las lúnulas de Hipócrates era aplicable también a las lúnulas construidas sobre cualquier triángulo rectángulo y no sólo sobre los isósceles, buscó nuevas figuras que él llama “depennate” y que, aun-



Generalización de las lúnulas de Hipócrates. La suma de las áreas de las lúnulas equivale a la del triángulo.

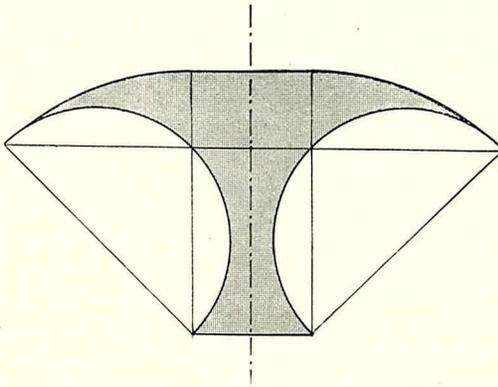


Las áreas sombreadas son equivalentes.

que también limitadas por arcos de circunferencia, son cuadrables; buscó nuevas lúnulas y tanto se apasionó en estos problemas que en una sola hoja (C. A. 167 a - b) estudia 174 lúnulas.

Empero Leonardo no era matemático "puro"; la Matemática, y muy especialmente la Geometría, eran para él objeto de admiración porque servían de base a las otras ciencias; eran un medio, no un fin.

La Mecánica, el "paraíso de las Matemáticas" era imposible sin la Geometría; también era imposible concebir la Música, la Óptica, la Astronomía sin la Matemática. La Pintura debía servirse de las sombras y de la Perspectiva "brida y timón de la Pintura"; no podía ser buen pintor quien no conociera Geometría, base de la Perspectiva y de la Teoría de las sombras; él estaba hecho a esa escuela en que la Matemática es "el mejor servidor y el peor amo", y utilizaba la Matemática no para especulaciones abstractas, sino para lo que podía "servirle".



Una de las figuras "DE-PENNATE"

El área sombreada equivale a la del rectángulo formado por las dos secantes paralelas limitadas por las otras dos rectas, superior e inferior.

Para nosotros, los ingenieros modernos, acostumbrados a manejar con elegante desenvoltura las más complicadas ecuaciones diferenciales, la Matemática del *Quadrivium* podrá parecernos simple y elemental.

Y lo asombroso es, precisamente, que con aquella Matemática simple y elemental, Leonardo resuelve nuevos problemas, descubre nuevos teoremas y llega a resultados extraordinarios cuando los aplica a la Astronomía, a la Óptica y a la Pintura.

Y refiriéndonos a la línea matemática, a la línea compuesta por infinitos puntos y de espesor nulo, dice en el Tratado de la Pintura:

“La línea no tiene en sí materia o sustancia alguna, es más bien algo espiritual y no material. Y como los cuerpos terminan en línea, y ésta no tiene espesor alguno, tú, pintor, no circundes tus figuras con líneas”.

Transforma así los trazos de los pintores primitivos en línea ideal, le quita “materialidad”, la cambia en línea matemática; y las figuras de sus cuadros, sin líneas de contorno, brillan como llamaradas en las sombras de los fondos y se vuelven luminosas en la nebulosidad de una atmósfera de misterio.



LA CIENCIA NOBILISIMA

No es nuestro objeto recordar, ni merecen ser recordados, quienes assolaban las tierras de Italia en los albores del Siglo XVI sembrando a su paso la desolación y la ruina. Nosotros queremos viajar en alas de la fantasía al País de los Gigantes, entre los Titanes que resistieron al "oceánico embate de la nueva Edad del Mundo" y la iluminaron con resplandores que no se extinguirán en los siglos. Y nos detendremos en la Florencia de entonces, donde Miguel Ángel ha terminado el David y, según su expresión, *per forza di levare* —a fuerza de quitar— del bloque informe ha hecho surgir la figura del héroe como un himno al triunfo del intelecto sobre la barbarie.

Es el 24 de Enero de 1504, y allí se reúne la Comisión nombrada por la Signoría a fin que indicara el lugar más adecuado para emplazar el "David". Integran la Comisión siete Miembros, y cada uno de ellos bastaría para dar gloria no a una sola ciudad, sino a una nación entera; porque se llaman Sandro Botticelli, Filippino Lippi, Pietro Perugino, Piero di Cósimo, Giuliano di Sangallo, Lorenzo di Credi y Leonardo da Vinci.

A propuesta de Giuliano di Sangallo, la Comisión resuelve colocar la estatua en el arco central de los tres que forman el pórtico —la Loggia— cuyo proyecto se atribuía a Andrés Orcagna.

Los arcos de la Loggia de Orcagna descienden de los arcos etruscos y de los arcos romanos; el conjunto de la Loggia hubiera sido una defensa contra las injurias del tiempo y un arco triunfal para la figura del joven héroe que parece observar al enemigo y medir la distancia con ojo amenazador.

Pero hubo un orfebre, cuyo nombre era Salvestro, quien argumentó que nadie mejor que el mismo Miguel Ángel podía indicar dónde debía colocarse su obra; fue seguido el consejo de Salvestro, la Signoría consultó a Miguel Ángel y, contrariamente a lo que se esperaba, Miguel Ángel se opuso al lugar de emplazamiento elegido por la Comisión; más aún, creyó que la adversión que, según él, le tenía Leonardo había influido para que los otros Miembros hubiesen elegido la Loggia de Orcagna.

El "David" —decía Miguel Ángel— debe colocarse donde está la estatua de Judith que esculpió Donatello, en la misma Plaza de la Signoría y frente al Palazzo Vecchio; el Palazzo Vecchio será un digno fondo para que resalte la armonía de las líneas del "David".

Y la Signoría escuchó la opinión del joven Miguel Ángel, hizo quitar la Judith de Donatello y ordenó que en su lugar se colocara el "David".

Cuatro de los siete Miembros de la Comisión —el Perugino, Botticelli, Leonardo, y Lorenzo di Credi— habían sido en su juventud discípulos de Verrocchio, quien también era autor de un David para el cual se supone que sirvió de modelo Leonardo "giovinetto"; y mucho antes que Verrocchio, otros dos los había esculpido Donatello. Un siglo después de Miguel Ángel, Bernini esculpirá un quinto David, tema predilecto —como se ve— por los escultores.

Doscientos años separan el primer David de Donatello del de Bernini; y a través de estos dos siglos, la figura del héroe juvenil se modifica fundamentalmente.

El primer David de Donatello, no liberado aún de la influencia gótica, tiene la dulzura de la primera mitad del Cuatrocientos; el David de Verrocchio es vibrante como el Colleoni, es el héroe erguido después de la victoria que empuña la espada bañada en la sangre del enemigo caído; el David de Miguel Ángel está entre dos siglos: apoyado sobre el pie derecho, la mano doblada violentamente, los tendones del cuello destacados, el torso gigantesco, toda la figura visa y se prepara al ataque, que en un momento próximo se acompañará del silbido de la piedra.

El quinto David —el de Bernini— es la violencia, es la actitud airada en la tensión de los brazos, en el rápido girar del tronco, en los cabellos desordenados, en los ojos relampagueantes, en los labios cerrados en un esfuerzo supremo.

El primer David de Donatello es el reposo, el último de Bernini es el movimiento; el de Miguel Ángel equidista de ambos: es el reposo que precede al movimiento. La figura del David es un indicador del cambio de ambiente y de mentalidad: la cultura —que es reposo— se transforma en civilización — que es movimiento.

Para Leonardo el reposo y el movimiento son dos adornos de la Naturaleza, "due ornamenti della Natura"; y, puesto entre dos épocas: entre la Edad Media de encantadora sonrisa de niño, y la Edad Moderna de empuje avasallador, Leonardo es el reposo y el movimiento. Es el reposo, es la estática, en sus figuras muliebres en actitud púdica —"con atti vergognosi"—, con los brazos unidos al torax, cabezas bajas y algo inclinadas (B. N. 2038 17 b); es el movimiento, es la dinámica, cuando interpreta la furia de los elementos en sus dibujos del diluvio, o el arrebatado airado de hombres y caballos en los cartones de la "Batalla de Anghiari", o las pasiones del alma en el movimiento de las manos de las figuras de la "Cena"; es la dinámica cuando inventa proyectiles que atraviesan más velozmente el aire, y cuando para mover sus automóviles y sus navíos combina mecanismos y proyecta máquinas.

En la “maravillosa máquina humana” (W. 19001 a) los movimientos son tan variados como los accidentes que se producen en el espíritu, entonces el artista debe ejecutar las figuras de modo que el observador pueda conocer por las actitudes de aquéllas sus estados de ánimo”. (C. A. 139 a)

Y como consecuencia de sus principios, Leonardo escribe el “Tratado de la Anatomía” en 120 libros porque “el pintor debe conocer la anatomía de los nervios, músculos, huesos y tendones para saber en los diversos movimientos qué nervio o qué músculo es la causa de tales movimientos”. (L. 79 a). Y para esto es necesaria la Mecánica “el paraíso de la Matemática” (E. 8 b), la ciencia nobilísima y sobre todas las otras utilísima porque mediante ella todos los cuerpos animados, que tienen movimiento, efectúan todas sus operaciones (Tr. (Mz.) 3 a).

Y como “sólo la Mecánica explica de qué modo todos los cuerpos animados realizan los actos indicadores de las intenciones del alma”, une en maravillosa síntesis la Matemática, la Pintura, la Anatomía y la Mecánica.

Ingenium en latín significa la facultad humana de idear cosas fuera de lo común; también significa *máquina* y *Naturaleza*. Así, al decir “ingenium loci” Salustio quiso referirse a la naturaleza del lugar; y por “ingenium arborum” Virgilio entendía las aptitudes naturales de los campos.

En una hermosa frase que engloba la facultad humana, la Naturaleza y la máquina, Juan Bautista Vico define el ingenio como “la facultad de unir en una sola las cosas separadas y diferentes”.

Y como Ingeniero deriva de *ingenio*, Leonardo es el Ingeniero por antonomasia, la mente universal que uniendo en una sola las cosas separadas y diferentes se propone obtener el fruto matemático de un Tratado de Mecánica que proyecta escribir, para aplicar los principios de Mecánica a su Tratado de Anatomía, y utilizar ese Tratado de Anatomía en el Tratado de la Pintura.

El Tratado de Mecánica comenzaba con la enumeración de las cuatro *potencias* en que todas las acciones de los mortales tienen su existencia y su fin: el peso, la fuerza, la percusión y el movimiento. El peso —dice— es engendrado por la fuerza; y la fuerza y la percusión son hijas del movimiento. (S. K. M. II 1116 b). Todas las potencias, por consiguiente, derivan del movimiento, y “el movimiento es vida”.

Y, si para Leonardo el movimiento y el reposo son adornos de la Naturaleza (Urb. 10 a- Tr. 20), quién sino Leonardo podía haber enunciado la persistencia de ambos, la ley de la inercia, primera ley de la Mecánica? “Todo estado de reposo o de movimiento tiende a conservarse; ninguna cosa inanimada se mueve por sí misma”. (Br. M. 22 b) (B. N. 2038 4a).

La “confregatione —el rozamiento— hace que el movimiento se amortigüe y que una potencia no pueda engendrar otra igual a ella (Br. M. 37 b); por eso es imposible que un peso que descende haga ascender otro peso igual a él hasta una altura igual a aquélla de la cual descendió (Del Moto e Misura dell’Acque. Cap. LXXXV).

Es la imposibilidad del *perpetuum mobile*, imposibilidad que Leonardo conocía perfectamente. ¡Oh especuladores del movimiento continuo —exclama— cuántos vanos proyectos habéis creado en semejante búsqueda! ¡Uníos a los alquimistas! (S. K. M. II 292 b)

En lugar de perder el tiempo “creando vanos proyectos” y persiguiendo un imposible, es mucho más lógico y provechoso buscar la forma de reducir al mínimo el rozamiento, y para esto trata ante todo de medirlo. Utiliza un banco experimental semejante al que unos tres siglos después usará Coulomb, y —después de varios ensayos— llega a la conclusión que en los materiales que él usaba —madera, hierro, cuero y bronce— “siendo las superficies planas y limpias”, el coeficiente de rozamiento es igual a 0,25. Este coeficiente puede disminuirse interponiendo otras sustancias entre las superficies en contacto, porque “cualquier cosa, por delgada que sea, interpuesta entre los cuerpos en contacto, disminuye el rozamiento”. (C. A. 72 b), (C. A. 376 a). Lo cual es el fundamento de la lubricación.

Estudia también el rozamiento entre las superficies curvas y especialmente en las ruedas, cuyos giros son límites de movimientos planos de pasos infinitamente pequeños “d’infinita minimitá”; descubre que en el rozamiento hay desarrollo de calor y, como resultado de sus observaciones y de sus experiencias, inventa los cojinetes de rodillos (C. A. 376 a).

Si al movimiento de un cuerpo sobre un sólido se opone el rozamiento, al movimiento de un cuerpo en un fluido se opone la resistencia del fluido, resistencia que depende de la densidad del mismo.

En el aire, por ejemplo, a igualdad de fuerza, el movimiento es más rápido que en el agua, porque el aire es menos denso que el agua. (A. 30 b). Por otra parte, “mientras el agua no puede comprimirse en forma apreciable, el aire es muy compresible” (Triv. 20 a); de modo que si un cuerpo penetra rápidamente en el aire, lo comprime y le hace adquirir tanta mayor densidad cuanto mayor es la velocidad del móvil. (E. 70 b).

Para explicar mejor esta compresión del aire delante del móvil, Leonardo hace una comparación convincente: “Cuando la fuerza engendra un movimiento más rápido que la fuga del aire — dice — este aire viene a condensarse como las plumas que se comprimen y aplastan bajo el peso del que duerme; al aumentar la condensación del aire, aumenta su densidad y, por consiguiente, la resistencia que opone al movimiento. De lo cual se deduce que la resistencia que opone un fluido a un cuerpo que penetra en él es tanto mayor cuanto mayor es la velocidad del cuerpo. (Triv. 6 b).

Si un cuerpo se mueve en un medio resistente, “siempre la potencia del motor debe ser proporcional al peso del móvil y a la resistencia que le opone el medio (E. 28 b)”; entonces, para que con el mismo motor y el mismo peso se obtenga un efecto mayor es necesario disminuir la resistencia; y para esto aconseja que el cuerpo sea “alargado y en punta, porque de este modo podrá ir más lejos que un cuerpo redondo de igual peso”. (A. 36 a).

Y como resultado de estas observaciones, sustituye los proyectiles esféricos por proyectiles cilindro - cónicos — que recién en el siglo pasado han vuelto a reinventarse — e inventa la proa a bulbo de los navíos que aún no se ha aplicado. X

Si un cuerpo pesado cae verticalmente en el aire, “la caída será tanto más rápida cuanto menor es el espesor del cuerpo, y tanto más lenta cuanto mayor es el ancho”. Además, el descenso libre tendrá lugar según la línea de mayor diámetro; el cuerpo girará hacia el lado donde pesa más y “su parte más pesada se hará guía de los movimientos, los cuales se producirán según la línea de menor resistencia” (E. 57 a).

Así, por ejemplo, el “peso piramidal” de grosor “uniformemente no uniforme” — nosotros diríamos uniformemente variado — lanzado con la punta hacia adelante, girará inmediatamente su base hacia el lugar donde se mueve el todo”. (G. 51 a). Y, como consecuencia de este principio, provee de aletas a sus proyectiles cilindro-cónicos a fin de otorgarle estabilidad en la trayectoria.

Estamos en la realidad con Leonardo, y muy lejos de las especulaciones abstractas de los antiguos filósofos atomistas y aristotélicos: los primeros sosteniendo que sin el vacío era imposible el movimiento, y los segundos afirmando lo contrario, es decir que el impulso dado a un móvil se propaga al aire que, a su vez, causa la continuación del movimiento.

Leonardo sigue la teoría aristotélica relativa a la tendencia de los cuerpos hacia su lugar natural, teoría negada por Estratón quien sostenía que los cuerpos caen porque están sometidos a la ley del peso, y suben porque el aire los empuja hacia arriba.

Si un cuerpo cae, quiere decir que antes ha sido llevado o arrojado a cierta altura: el movimiento — dice Leonardo — se llama “accidental” cuando el cuerpo sube, y “natural” cuando baja. Luego, todo movimiento natural ha sido antes accidental. (A. 31 a).

Un cuerpo se mueve cuando está fuera de su *lugar natural*, fuera de su elemento. Un cuerpo libre, por ejemplo, cuya cualidad difiere de la cualidad del aire, no puede quedar inmóvil en el seno del aire; si es más pesado caerá, si es más liviano penetrará en alto. Generaliza y establece el enunciado que tiene la belleza de la universalidad de su aplicación:

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

“*Más una cosa tiene conformidad con el elemento que lo rodea, más lento es el movimiento por el cual esta cosa tiende a salir de este elemento; y, al contrario, más esta cosa difiere del elemento y más impetuoso es el movimiento por el cual huye de él. Ninguna cosa puede permanecer en equilibrio estable si se encuentra fuera de su lugar natural.*” (Triv. 6 b).

Nuestro lenguaje científico es incisivo, tan incisivo que se transforma fácilmente en árido. El lenguaje científico de Leonardo es —diríamos— *vificante*; las cosas inanimadas sienten, aman, sufren como las que tienen vida. Las cosas *tienen conformidad, huyen, desean*, y todo el razonamiento anterior — como todos los razonamientos de Leonardo — puede aplicarse a las cosas insensibles y a los cuerpos animados; todas son máquinas porque tienen movimiento, y como “el movimiento es vida”, todas las cosas — insensibles y animadas — tienen vida; principio fundamental de toda la obra de Leonardo.

Todo cuerpo *desea* descender hacia el centro de la Tierra; y ese descenso se hará por el camino más corto porque “*todas las cosas hechas por la Naturaleza están hechas en el modo más breve*, y donde hay mayor gravedad hay *un mayor deseo* hacia el lugar natural”. (Br. M. 85 b) (A. 35 a).

El lugar natural del cuerpo está debajo del Cielo; el lugar natural del espíritu está sobre el Cielo (Triv. 36 b); y “*ogni cosa fuori del natural suo sito desidera a esso sito ritornare*”. (Triv. 6 a). Cuando el amante llega a la cosa amada, allí reposa; cuando el peso llega a su sitio, allí reposa. (Triv. 6 a).

Un cuerpo cae verticalmente — en el modo más breve — hacia el centro de gravedad de la Tierra para el observador que se mueve con ella; pero, en realidad, el móvil es arrastrado por la rotación del planeta, y el movimiento del cuerpo es el resultado de la caída vertical — o sea de un movimiento rectilíneo — y de movimiento de rotación, lo cual se pone tanto más de manifiesto cuanto mayor es la altura de caída. Para conocer el movimiento resultante era necesario saber que la Tierra gira alrededor de su eje en 24 horas y, además, componer un movimiento rectilíneo con otro circular.

Lo primero surgía de las enseñanzas de Niccoló Da Cusa; lo segundo lo dedujo Leonardo.

“Sea B el peso que descende — explica — a partir de A, en dirección al centro de la Tierra M; yo digo que tal peso, aunque descende en curva, en forma de hélice, no se desviará nunca de su descenso en línea recta y avanzará continuamente desde el lugar de donde parte hasta el centro de la Tierra. Porque, si el peso partió de A y ha descendido en B, en ese mismo tiempo la posición de A ha pasado a C, el móvil ha llegado a D y se encuentra en la dirección entre C y el centro de la Tierra. Si el móvil descende de D a F, al mismo tiempo C se mueve de C a E; y si F descende en H, E gira

en C. Así, en 24 horas el móvil desciende a la Tierra en el lugar de donde se ha separado; y este movimiento es un movimiento compuesto". (G. 55 a).

"Y el movimiento — continúa diciendo Leonardo — estará compuesto por uno recto y uno curvo; recto porque no se desvía nunca de la línea más corta que une el punto de partida con el centro de la Tierra; pero al mismo tiempo, es curvo en todas las partes de la línea y, por consiguiente, al final es curvo en toda la línea. Y de esto deriva que una piedra arrojada desde la parte superior de una torre no cae al pie de la torre, sino que se aleja de ella". (G. 55 a).

Ya dijimos que Niccoló da Cusa había sostenido en 1444 la idea de la rotación de la Tierra; pero si la idea no era nueva, si Leonardo ya conocía la obra "De Docta Ignorantia" donde Niccoló Da Cusa la había expuesta, está el mérito de Leonardo de haberla admitida como verdadera contra las teorías erróneas dominantes, y el de haber deducido de ella, como consecuencia, la desviación de los cuerpos que caen, desviación que fué comprobada casi 150 años después — en 1641 — por Reineri en Pisa, y demostrada por Borelli en 1642.

La diferencia entre la demostración de Borelli y la de Leonardo estriba en que la de Borelli sigue al experimento de Reineri, mientras la de Leonardo deduce por el razonamiento un hecho que la experiencia debía comprobar después. Y en ese razonamiento está la intuición genial del movimiento relativo y la del movimiento resultante de la suma infinita de movimientos rectos y curvos que se verifican en tiempos infinitamente pequeños — *d'infinita minimitá*.

En la figura explicativa Leonardo supone que las velocidades de caída del móvil y de rotación de la Tierra sean uniformes; indudablemente hace esta suposición para mayor facilidad, porque sabe perfectamente que el movimiento de caída de los cuerpos es "uniformemente no uniforme" — uniformemente variado — y que la velocidad de caída es directamente proporcional al tiempo. (M. 44 b).

El tiempo, para Leonardo, es un cantidad continua como las cantidades geométricas y, en consecuencia, es como estas últimas divisible al infinito. Pero — dice — se relaciona con las cantidades geométricas sólo en los primeros principios; así, por ejemplo, el punto geométrico es comparable al instante de tiempo, la línea a la duración; y del mismo modo que el punto es el principio y el fin de una línea, el instante es el principio y el fin de una duración.

La línea es divisible al infinito como lo es el tiempo, y la misma proporcionalidad que puede establecerse entre las partes de una línea puede establecerse también entre los tiempos. (Br. M. 173 b).

Así como antes de Galileo enuncia la proporcionalidad entre la velocidad y el tiempo de caída, también antes de Galileo enuncia que

la caída de un peso por un plano inclinado da lugar a un movimiento acelerado cuya velocidad depende del punto de partida y del punto de llegada y no de la verticalidad u oblicuidad del movimiento. (M. 42 b). C. A. 151 b). (Br. M. 76 b).

Para nosotros las capas superiores de la atmósfera son eminentemente ionizadas; para la física antigua el "elemento" aire terminaba en el "elemento" fuego que circundaba al primero. Leonardo propone el siguiente problema:

Si un cuerpo cayera desde el elemento fuego sobre dos cuerpos como la Tierra que estuvieran en contacto, suponiendo tales cuerpos fijos y que el móvil fuese atraído (pesara) tanto hacia el centro de uno como hacia el centro de otro, ¿qué línea describiría? Y dado el contacto entre sí de esos dos cuerpos como la Tierra, con sus elementos (aire y fuego), ¿qué forma tomarían tales elementos?

Indica la figura que tomarían los elementos y termina diciendo que el peso descenderá oblicuamente con relación a los dos centros y se detendrá sobre el contacto de los dos cuerpos. (F. 83 b).

Desarrolla más el problema y supone que los dos cuerpos fuesen dos astros muy alejados uno de otro, sin elementos, ¿qué línea — pregunta — describirá un tercer cuerpo cuyo centro de gravedad esté igualmente distante de cada centro de los dos cuerpos? Irá — contesta — moviéndose siempre, teniendo toda parte de su longitud equidistante de cada uno de los dos centros, y finalmente se detendrá a una distancia igual de cada uno de ellos, quedando en equilibrio en la línea que los une; y así este grave — termina diciendo — no se acercará a ninguno de los centros de los dos mundos. (F. 83 b).

Faltaban doscientos años para que Newton enunciara la ley de la atracción universal y doscientos cincuenta para que fuese sometido al cálculo el problema de los tres cuerpos; Leonardo no cita en su enunciado la ley de la atracción universal, ni aquél es aún el del problema de los tres cuerpos, pero en el enunciado de su problema se encuentra el preludio de ambos.

El hecho que Leonardo no cite exactamente la ley de la atracción universal no quiere decir, naturalmente, que no la admitiese ni que su genio no hubiese intuído la existencia de las fuerzas de atracción y de repulsión extendidas a todos los cuerpos del Universo. "Dos potencias — dice — mueven los cuerpos pesados por dos diversas causas, de las cuales la primera se llama atracción (*attrazione*) y la otra repulsión (*discacciatrice*). La que atrae los cuerpos es causada por carstía, la que rechaza tales cuerpos es causada por superabundancia". (Venecia. Galería del Academia, 215 A).

Tres son las *naturaleza* del cuerpo pesado, según Leonardo. La primera es "su gravedad natural" — nosotros diríamos el *peso* —; la segunda es su "gravedad accidental" — nosotros diríamos *la fuerza*

que se le aplica para producir el movimiento —; y la tercera es la resistencia producida por su movimiento.

El peso es en sí inmutable en un lugar dado; la fuerza que se le aplica puede ser tan grande como se quiera, la resistencia es variable según los lugares donde se mueva el cuerpo. Hemos visto que la resistencia puede disminuirse, y es sabido que podemos variar la intensidad de la fuerza que aplicamos; si podemos variar dos de las tres *naturalezas*, ¿puede variar también la tercera, el peso, la “gravedad natural”?

En el manuscrito E. 54 b Leonardo describe *la lucha* entre el impulso dado a un trompo y la “gravedad natural”: el primero tiende a impedir la caída, la gravedad natural tiende a hacerlo caer. Al iniciarse el movimiento predomina el impulso; más tarde la *potencia* de la gravedad natural equivale a la del impulso, el trompo se inclina oblicuamente y las dos *potencias* — una continua y otra que se amortigua — *combaten* entre sí; al moverse una contra otra, sus movimientos dan lugar a un movimiento resultante, hasta que la gravedad natural — que es una *potencia* continua — vence y se hace centro de un movimiento de circunvolución; en ese centro termina el resto del impulso y el cuerpo queda *yacente*. (E. 54 b).

Hemos traducido “ímpeto” de Leonardo por “impulso”; la traducción no es la literal, pero la hemos adoptado porque nuestro concepto moderno de impulso corresponde a la antigua teoría aristotélica del “ímpetu”, teoría ampliada y desarrollada en el Siglo XIV por Jean Buridan.

“*Ímpeto*”, — dice Leonardo — es una virtud creada por el movimiento y transmitida por el motor al móvil; móvil que tiene tanto de movimiento como el *ímpetu* tiene de *vida*. (E. 22 a).

Cuando *la vida* del impulso termina, termina también el movimiento, porque todo cuerpo que ha recibido un movimiento o una percusión, retiene en sí durante un cierto tiempo la naturaleza de este movimiento o de esta percusión; y la retendrá más o menos según la potencia del impulso será más o menos grande. (Triv. 43 a).

Porque, del mismo modo que todo cuerpo *desea* conservar su estado de reposo o de movimiento, así toda impresión *desea* la permanencia; el movimiento impreso en el móvil tiende a continuar, el golpe dado a una campana deja tras él *la permanencia*, como el Sol deja *la permanencia* en el ojo y el perfume en el aire. (G. 72 a), (A. 24 b).

El movimiento es vida, y el movimiento — como la vida — puede terminarse lentamente o en forma violenta. El choque, la “percusión”, es el final violento causado en el movimiento por un objeto resistente. De la percusión deriva el sonido, de ella las roturas, y ninguna cosa es de más pronta acción ni de mayor potencia. (A. 27 b).

Y de sus observaciones y de sus consideraciones, Leonardo deduce la ley del choque: "Cualquier cosa que choque contra un objeto resistente rebota sobre este objeto con un ángulo igual al ángulo con el cual se produjo el choque. (Triv. 37 b).

Del choque oblicuo pasa a describir el movimiento de rotación — *circunvolúbile* — que resulta del choque de una esfera y descubre una de las leyes que rigen el choque central de dos esferas elásticas. (Br. M. 85 b). (C. A. 241 b).

Y, por último, relaciona el choque con la caída de los cuerpos y deduce de sus observaciones que el trabajo producido por un peso que cae desde una altura dada es igual al producto del peso por la distancia recorrida. (A. 36 a).

Nosotros definimos la fuerza "*causa tendiente a modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo*", definición que podría ser tan exacta como concisa si no fuese por lo ambiguo de "causa". Para Leonardo la fuerza es otra cosa; la fuerza para Leonardo es "una virtud espiritual, una potencia invisible creada por la violencia, que se transmite a los cuerpos insensibles dando a estos últimos una similitud de vida; la cual vida es de maravilloso obrar porque obliga y transmuta de forma a todas las cosas creadas.

"La fuerza desaloja con furia lo que se opone a su destrucción, desea vencer y eliminar la causa que le opone obstáculos y, venciendo se elimina ella misma.

"El cuerpo al cual está impuesta pierde su libertad y ningún movimiento hecho por ella es durable". (A. 34 b).

Nosotros, hijos de la civilización, analizamos; los antiguos, hijos de la cultura, sintetizaban. Leonardo es la síntesis por excelencia: sus definiciones, sus experimentos, sus observaciones, parten de una disciplina única para extenderse en un campo sumamente amplio.

He aquí, por ejemplo, las causas de la fuerza, según Leonardo.

"La fuerza puede ser engendrada por otra fuerza, como en el choque, pero *nace* especialmente de dos causas: opulencia y carestía.

"El primer caso — de opulencia — tiene lugar, v. gr., en la "multiplicación del fuego en la bombardas; este fuego, no encontrando vacío que reciba su acrecimiento, corre con furia hacia un lugar más amplio expulsando todo lo que se opone a su deseo.

"El segundo caso — la carestía — se produce, por ejemplo, "en los cuerpos doblados y torcidos contra su naturaleza, como la ballesta u otras máquinas semejantes, que no se dejan doblar y que cuando son cargadas desean enderezarse y expulsar con furor, apenas la libertad de hacerlo le es dado, la cosa que se oponía a su carrera". (A. 34 b).

Podrá argumentarse que todos estos razonamientos — tan diferentes de los nuestros, eminentemente "técnicos" — serán muy literarios y hasta muy filosóficos, ya que podrían prestarse a la explicación

de fenómenos sociales, pero no pueden conducir a nada práctico. Muy al contrario: los razonamientos de Leonardo lo llevarán al descubrimiento del principio de los trabajos virtuales y al teorema que llamamos erróneamente de Varignon, al principio que llamamos erróneamente de Pascal, al descubrimiento de la ley del paralelogramo y a la del polígono de sustentación.

“Una causa potente y lenta — dice Leonardo — produce un movimiento rápido y débil; una causa rápida y débil produce un movimiento lento y fuerte. Cuanto más la fuerza se extiende de rueda en rueda, de palanca en palanca, de tornillo en tornillo, tanto es más poderosa y lenta”. (A. 35 b).

Dibuja un sistema de engranajes para explicar mejor su pensamiento, y escribe con entusiasmo: “Una libra de fuerza en B tiene por resultado cien mil millares de millones de libras en M. Y cuando la primera rueda da cien mil millares de millones de giros, la última no dará más que uno. Y éstas — exclama — son las maravillas del arte de la ingeniería mecánica”. (I. 57 b).

La multiplicación de velocidades y la condición de equilibrio en un sistema de ruedas dentadas se conocían desde muchos siglos antes; lo que nadie había hecho era deducir la analogía con el principio fundamental de la hidrostática, principio que se encuentra en los manuscritos de Leonardo y que se transmitió a Pascal — según lo demuestra Duhem — a través de Gian Battista Benedetti y del P. Mersenne.

Un croquis de Leonardo representa una rueda dentada que engrana con su piñón, cuyo diámetro es igual al del eje de la rueda. Sobre el croquis hay otro que representa una jeringa, y como explicación está escrito: “Mira la jeringa: cuando su émbolo empuja el agua y se mueve de un dedo, la primera agua que aparece afuera se ha alejado dos brazas. Tú encontrarás lo mismo en el movimiento de las ruedas con relación a sus piñones”. (A 57 b).

Al aplicar una fuerza a la rueda, la velocidad que adquiere el piñón es tanto mayor cuanto menor es el diámetro del piñón. Al aplicar una fuerza al agua contenida en uno cualquiera de dos vasos comunicantes, el agua subirá en el otro vaso tanto más cuanto menor es la sección de este último. Uno de los dos vasos puede ser un cuerpo de bomba en el cual un émbolo empuja el agua, el otro vaso puede ser un tubo delgado unido al primero: el agua subirá en este último tanto más cuanto menor es la sección del tubo. (Del Moto e Misura dell'Acqua. Libro VIII. Cap. LVII y LVIII).

Es claro que si no se aplica ninguna fuerza externa a los vasos comunicantes, las alturas de agua — o de cualquier líquido — serán iguales; de lo cual se deduce de inmediato el principio de los vasos comunicantes, principio enunciado por Leonardo y atribuido erróneamente a Stevin (1548-1620).

“Las superficies de todos los líquidos inmóviles comunicantes entre sí serán de igual altura, independiente de la forma del recipiente”. Si los líquidos son de distintas densidades, las alturas son inversamente proporcionales a las densidades (*proportione conversa*); “y si son sobrepuestos, tal proporción habrá entre sus alturas como la de sus densidades, pero será proporción inversa”. (C. A. 219 b) (E. 70 b).

Establece la ley de las presiones de un fluido sobre las paredes de un vaso que lo contiene y que las presiones en el seno de un fluido se transmiten en todos sentidos con la misma intensidad “y la demostración de esto — dice — se ve claramente en los fuelles en que la fuerza del aire en las paredes se distribuye igualmente por todos los orificios (*spiráculi*)” (C. A. 351 a).

No nos detendremos más en las aplicaciones a la hidrostática de la ley fundamental: el trabajo motor es siempre igual al producto de la fuerza por la distancia recorrida o, si se quiere, del peso motor por la altura de caída, ley que sirve de guía a Leonardo y de la cual deduce las consecuencias.

Con un determinado trabajo, si aumenta la fuerza disminuye el espacio recorrido, y viceversa; entonces las fuerzas aplicadas a los dos brazos de una palanca están en razón inversa del camino recorrido por aquellos brazos cuando ambos han llegado al nivel del apoyo. (A. 45 a).

Dibuja un bastón fijo en un punto intermedio de modo que las dos partes en que queda dividido sean desiguales, y hace la siguiente observación: “La parte de este bastón más alejada de su apoyo está menos sostenida; siendo menos sostenida tiene más libertad para conservar su naturaleza; como ella es pesada y la naturaleza de las cosas pesadas es que desean descender, esta parte del bastón descenderá más rápidamente que ninguna otra”. (Triv. 26 a).

En la misma hoja dibuja un torno y agrega como explicación: “La cosa que en su línea de igualdad se encontrará más alejada de su apoyo será tanto menos sostenida por este apoyo”. (Triv. 26 a).

Se acerca así lentamente, utilizando los antiguos conocimientos, a los principios de la resistencia de materiales. De dos barras — dice — una de una braza y otra de dos brazas, la primera sostendrá mayor peso: doscientas libras; la segunda, cien libras. Las dos barras son empotradas, de modo que la resistencia de dos barras empotradas es inversamente proporcional a su longitud. De lo cual deriva que en un cuerpo de espesor uniforme, la parte más alejada de las extremidades se flexará más fácilmente que otra. (A. 49 a).

Estudia una viga apoyada y cargada en el centro, tipos de cerchas, pilastras y columnas; arcos peraltados, rebajados y de medio punto, e inventa un dispositivo para ensayar la rotura de hilos metálicos.

Establece que en una viga apoyada la flexión es proporcional al peso y aconseja que la viga no tenga una longitud mayor que 20 ve-

ces su máximo espesor y que en las vigas armadas o en las cerchas las diagonales o los pares formen un ángulo lo más agudo posible. Si se duplica el espesor de un arco —dice— el peso que puede sostener es cuádruple; el arco peraltado es de por sí mismo débil “y si no cuidas los arranques se romperá”; el arco rebajado debe armarse en los arranques y el empuje se verifica según la tangente al intradós. Y, en cuanto a las piezas cargadas de punta — columnas y pilastras — la resistencia es proporcional a la sección y a la relación entre la altura y el lado de la base o, en otras palabras, la resistencia es inversamente proporcional a la altura y directamente proporcional a la tercera potencia del radio de la base — si es una columna — o a la tercera potencia del lado de la base si es una pilastra cuadrada. En este caso, hace — empero — la salvedad que “aunque no se puede determinar exactamente esta relación, sin embargo puede aproximarse bastante a la verdad”. (Triv. 29 a) (A. 49 a) (A. 50 b) (S. K. M. II 57 b) (A. 53 a) (A. 26 b).

Euler “determinó exactamente” esta relación y demostró que la resistencia es proporcional no a la tercera potencia, sino a la cuarta potencia; pero se necesitaron doscientos cincuenta años para esa determinación exacta.

Leonardo halla las relaciones en una viga apoyada en sus extremos y cargada en un punto que la divide en dos partes desiguales; y de este problema, ya resuelto antes, pasa a la descomposición de una fuerza en otras dos angulares. Después de varias tentativas, deriva el problema hacia las tensiones en una cuerda y llega a la conclusión que nunca una cuerda de grosor cualquiera y sometida a una fuerza cualquiera, podrá tenderse. (E. 60 b).

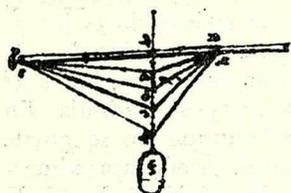
“Jamás —dice— el brazo potencial será eliminado por ninguna potencia; se prueba por la primera que dice: “Toda cantidad es divisible al infinito etc.” (E. 60a)

El brazo potencial es la perpendicular bajada desde un punto a cualquiera de una parte tendida de la cuerda a la prolongación de la otra parte. El enunciado, diríamos “escultórico”, de Leonardo quiere decir que cuando disminuye el peso, la cuerda tiende a colocarse horizontalmente y ese brazo tiende a disminuir; pero, aunque se reduzca a una “infinita minimitá”, nunca llega a anularse, de modo que la cuerda nunca quedará tendida.

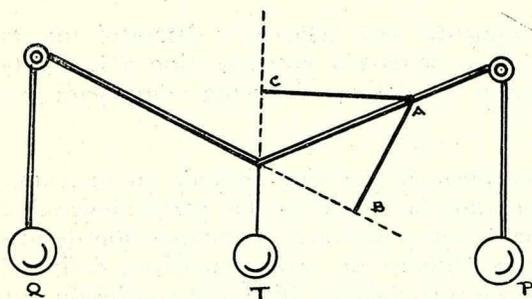
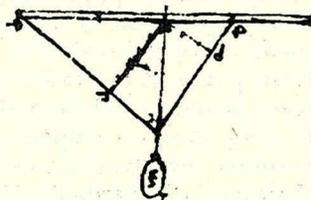
Por último, resuelve el problema que se proponía: hallar las tensiones en las dos ramas de la cuerda o, si se quiere, descomponer una fuerza en dos cuyas direcciones son dadas. Para nosotros es un problema elemental porque ya la forma de resolverlo ha sido encontrada, y quien la encontró por primera vez en la Historia de la Mecánica fué el autor de “la Gioconda”.

Porque la descomposición de una fuerza en otras dos situadas en el mismo plano y angulares, y la composición de dos fuerzas se-

gún la diagonal del paralelograma se debe a Leonardo da Vinci; y la igualdad de los momentos de las componentes respecto a un punto de la resultante es un descubrimiento de Leonardo da Vinci; y la igualdad del momento de la resultante y de una de las componentes respecto a un punto de la otra componente es un descubrimiento de Leonardo da Vinci. (Br. M. 7 b)



Br. M. 1 b



F. 60 a

Resultante de dos
fuerzas angulares y
teorema de los
momentos.

Si es imposible tender una cuerda horizontalmente, también es imposible aplomar una torre de modo que sus caras opuestas queden paralelas; la torre siempre saldrá en forma de tronco de pirámide porque las verticales de la plomada concurren al centro de la Tierra.

Si se hubiesen construido dos torres “en continua rectitud”, es decir absolutamente paralelas en toda su altura, es indudable que las dos torres se desplomarian y caerían una sobre otra. Esto se sabía antes que naciera Leonardo; lo que nadie había hecho —como en otras cosas— era deducir la consecuencia.

La consecuencia la dedujo Leonardo y es la siguiente: “Para que un cuerpo pesado que reposa sobre el suelo quede en equilibrio, es necesario y suficiente que el centro de gravedad del cuerpo no se proyecte verticalmente fuera de la base”. (F. 83 a)

¿Cuántas veces se ha repetido en todos los Institutos de enseñanza del mundo este principio? ¿Y cuántas veces quienes lo han enunciado recordaron que este principio fundamental del equilibrio se debe a Leonardo da Vinci?

Nos extenderíamos demasiado y saldríamos fuera de nuestro tema si quisiéramos referir todas las aplicaciones del polígono de sustentación que encuentra Leonardo para las figuras de sus cuadros y de sus dibujos. Figuras sentadas, otras corriendo, otras en cuclillas, otras que suben, otras que llevan cargas pesadas, una multitud de seres fantásticos en movimiento o en reposo ilustran los consejos que da en su Tratado de la Pintura respecto a la posición del centro de gravedad del hombre en reposo o en movimiento con relación a su polígono de sustentación.

Porque la Belleza es el conjunto, del cual el Arte es lo aparente y la Ciencia es la estructura.





Estudio de figuras en movimiento.

W. 12644 a

LA BELLEZA DEL MUNDO

La creencia común supone que el ingeniero desarrolla su profesión encerrado en el castillo ebúrneo de fórmulas y ecuaciones, y que su trabajo no es sino una aplicación práctica de aquéllas.

Esto no es exacto: el ingeniero es quien afirma en modo más evidente el poder del hombre sobre la Naturaleza, de la cual es la "fe de errata" —según la expresión de Mantegazza—; y la conciencia de aquel poder la consigue uniendo al rigor de sus fórmulas el amor a la Naturaleza o, si se quiere, uniendo a la mente del hombre de ciencia un alma de artista y de poeta.

Porque si la obra del poeta o del artista debe reflejar lo que hay de hermoso en la Natura, la obra del ingeniero debe transformar en hermoso el espectáculo hostil y desagradable que ella muchas veces nos presenta.

Por eso el pueblo milenario que habita entre el mar y el gran arco de los Apeninos ha sido, desde la época etrusca primitiva, un pueblo de poetas, de artistas y de ingenieros.

Y en aquella región misma, a unos doscientos kilómetros hacia el Sudeste de Vinci, nació —1568 años antes de Leonardo— Marco Terencio Varrón, cuya enciclopedia, cuya vastedad de conocimientos, son sólo comparables con las de Leonardo.

Como es sabido, Varrón murió a los noventa años después de haber escrito setenta obras que comprenden seiscientos veinte volúmenes en los cuales trata sobre Filosofía, Ciencias Marítimas, Retórica, Mecánica, Filología, Arte, Arqueología, Agricultura, etc., etc.

El alma humana —dice Varrón en *Antiquitatum Divinarum*— es una partícula del alma universal; el alma universal rige al mundo y se manifiesta en él por tres grados de vida: el primero es vida pero no sentido; el segundo es vida y sentido; el tercero es vida, sentido e inteligencia.

Esta filosofía hillozoista se transmitió más o menos modificada a través de los siglos y llegó hasta Leonardo, quien otorga vida a todo lo que existe en el Universo.

Ya dijimos que, para Leonardo, la Tierra, los astros, el mar, el cielo, las plantas, las piedras y las máquinas tienen vida y en esa vida él encuentra belleza; pero no dice "la belleza del Universo", sino "la belleza del Mondo" —la belleza del Mundo— porque *Mondo* significa *adorno*, *embellecimiento*.

Por eso pregunta: "¿Qué es lo que te impulsa a dejar la ciudad, los parientes, los amigos, y andar por lugares campestres, por montañas y por valles, sino la natural belleza del Mundo? ¿No era más útil y menos incómodo descansar en tus habitaciones sin el excesivo calor del sol y sin el peligro de enfermedades? Pero allí tu espíritu no podía gozar el bien de los ojos, ventanas del alma; no podía recibir las imágenes de alegres lugares, ni ver los umbrosos valles cruzados por el juego de los ríos serpenteantes, ni las variadas flores que dan armonía a la vista con sus colores hermosos..." (Urb. 12 b. Tr. 23)

Y, como "el ingenio humano, aunque con sus varias invenciones y con varios instrumentos puede responder al fin que se propone (*allo stesso fine*), nunca encontrará una invención más bella, ni más simple, ni más directa que la Naturaleza" (W. 19115 a), Leonardo abandona la ciudad, recorre los lugares campestres por montañas y por valles para admirar "la hermosa invención" que es la Naturaleza y otorgar la vida a todo lo que observan sus ojos, "ventanas del alma".

Ascende al Monte Rosa —el *Momboso*— describe la escena del paisaje alpino bajo el huracán o cubierto por el azul del cielo (Leic. 4 a) (Leic. 36 a) con la sensación más directa, precisa, realista y profunda que puede darse de la montaña, y desde la grandiosidad de las cumbres y de las nieves eternas, pasa a la pequeña vida de las plantas.

Observa las ramas de un mismo árbol que son "hermanas", y las semillas que son "huevos de los cuales nacerán *los hijos de las plantas*" (G. 32 b) a las que "el sol les da espíritu y vida, y la tierra con la humedad las alimenta".

Entonces quiere experimentar en ellas: "acerca de esto he experimentado y he dejado sólo una mínima raíz a una calabacera y la alimentaba con agua. La calabacera llevó a la perfección todos los frutos que ella pudo engendrar, que fueron casi sesenta calabazas de las largas; y puse atención con diligencia a tal vida y noté que el rocío de la noche era el que con su humedad penetraba abundantemente por la inserción de las grandes hojas para el alimento *de aquella planta con sus hijos, es decir huevos de los cuales nacerán sus hijos*" (G. 32 b).

Saldríamos del tema propuesto si nos detuviéramos a analizar la obra de Leonardo en la Botánica o en la Zoología: en ésta con sus disecciones y sus estudios de Anatomía comparada; en aquélla con el descubrimiento del geotropismo, de los círculos concéntricos anuales en los troncos; del sistema de impresión y conservación de las hojas, de la ley que rige la disposición de las mismas sobre las plantas (filotaxia) y con el de los fenómenos de capilaridad y de su consecuencia: la ascensión de la savia.

Es sabido que si se traza en el tallo una línea que enlace los puntos de inserción de las hojas, esta línea describe una hélice que contiene siempre el mismo número de hojas en el mismo número de espiras de la hélice generatriz. Y es sabido también que si se trazan planos que pasan por el eje del tallo y por la base de inserción de las hojas, se observa que la separación de los planos que pasan por la inserción de dos hojas sucesivas es constante para un tallo dado.

La porción de circunferencia comprendida entre estos dos planos se llama "divergencia". Así, si la divergencia es $\frac{1}{2}$, quiere decir que los dos planos están separados por media circunferencia o, si se quiere, que dos hojas sucesivas son diametralmente opuestas; si la divergencia es $\frac{1}{3}$ quiere decir que los dos planos forman un ángulo de $\frac{1}{3}$ de circunferencia, o sea de 120° ; si es de $\frac{2}{5}$, el ángulo será de $\frac{2}{5}$ de circunferencia, o sea de 144° , etc.

A principio del siglo pasado, De Candolle, famoso naturalista y Director del Jardín de Plantas de Montpellier desde el 1807 hasta el 1816, escribía lo siguiente:

"La disposición de las hojas sobre las ramas se relaciona con sus funciones, y éstas están determinadas casi exclusivamente por la luz solar. Para que esta acción se pudiese ejercer convenientemente, era necesario o que las hojas estuviesen muy alejadas una de otra, o que con un determinado alejamiento se cubriesen lo menos posible. Se ha podido constatar que en todas las diferentes posiciones de las hojas, las que nacen inmediatamente una debajo de otra no se cubren nunca. Combinando las disposiciones, sea con la distancia de los sistemas y de sus partes, sea con la amplitud de las hojas, que disminuye hacia la parte superior, se llega a comprender como todas las hojas gozan de la acción de la luz solar".

Trescientos años antes de esta explicación de un ilustre botánico, Leonardo decía lo mismo, más ampliado, y con las siguientes palabras:

"Siempre las hojas vuelven su parte superior hacia el cielo para que puedan recibir mejor el rocío que baja lentamente desde la atmósfera. Y tales hojas están distribuidas de modo que una cubre la otra lo menos posible, alternándose; como se ve en la hiedra que cubre los muros. Y esta disposición alternada sirve para dos cosas: para que el aire y el sol puedan penetrar entre ellas, y para que las gotas que caen de la primera hoja puedan ser recibidas por la cuarta o, en otros árboles, por la sexta". (G. 27 b).

"La naturaleza puso las hojas de las últimas ramas en muchas plantas de modo que siempre la sexta hoja esté sobre la primera, y así sucesivamente, si la regla no es impedida; y lo hace para dos ventajas de la planta: la primera, porque naciendo en el año siguiente la rama o el fruto de la gema, o sea del ojo que está en contacto con la inserción de la hoja, el agua que moja esa rama puede descender para nutrir esa gema; y la otra ventaja es que, naciendo tales ra-

mas el año siguiente, una no cubre la otra, ya que nacen las cinco ramas dirigidas en cinco sentidos diferentes, y la sexta nace sobre la primera, pero bastante lejos de ella..." (G. 16 b)

Hemos hecho esta pequeña digresión en un campo ajeno al tema porque quisimos que al experimento de la calabacera siguiera la observación que llevó a Leonardo al descubrimiento de la filotaxia, del mismo modo que su descubrimiento de los fundamentos de los fenómenos capilares —y su consecuencia, la ascensión de la savia— siguieron a las experiencias y observaciones sobre la elevación del agua y la depresión del mercurio en las paredes de los vasos. (G. 44 b) (G. 68 a) (C. A. 11 a) (C. A. 35 a) (C. A. 67 a) (C. A. 74 b).

Porque "aunque la Naturaleza comience por la causa y termine por la experiencia, a nosotros conviene seguir un procedimiento contrario, es decir: comenzar por la experiencia y por medio de ella investigar la causa" (E. 55 a). Porque "*ningún efecto se produce en la Naturaleza sin causa*" (C. A. 147 b).

"La experiencia, intérprete entre la industriosa Naturaleza y los mortales, nos enseña como sobre éstos actúa aquélla, obligada por la necesidad a actuar como la causa le indica". (C. A. 86 a)

Nos extenderíamos demasiado si citáramos todos los manuscritos en que Leonardo exalta el valor de la experiencia, que para él "non falla mai" —"no se equivoca nunca"— porque "dado un principio, es necesario que lo que sigue sea una verdadera consecuencia de aquél, si algo no lo impide; y si algo lo impide, el efecto que seguirá al principio participa tanto más o menos del impedimento cuanto éste es más o menos potente del principio". (C. A. 154 a)

Para Leonardo lo fundamental es la experiencia; y en esto también se adelanta a los tiempos, ya que debe considerarse —un siglo antes que Galileo, Campanella y Francisco Bacon— como el verdadero fundador de la Ciencia Experimental. Porque, si dos siglos antes de Leonardo, Dante llama a la experiencia "fuente de toda humana sabiduría" (Paraiso II. v. 94 y sig.) y Roger Bacon sostiene que "sin la experiencia nada puede ser suficientemente conocido" (*sine experientia nihil sufficienter sciri potest*), el llamado para seguir la Naturaleza y estudiarla revolucionaba el Arte y emancipaba la Ciencia —dice Richter—; el principio de la Ciencia Moderna estaba cerca, y Leonardo con su entusiasmo por el método científico era el principal espíritu del movimiento renovador.

El genio es dirigido: las oscilaciones de una lámpara que hicieron descubrir a Galileo el isocronismo de las pequeñas oscilaciones, nada hubieran dicho al genio de Miguel Ángel, de Rafael o de Beethoven. Tampoco les habrían dicho nada algunas bolsas de tierra que les hubiesen traído; en las bolsas de tierra Leonardo encontró fósiles y descubrió el verdadero origen de los mismos.

“¿Porqué —pregunta— se han encontrado huesos de grandes peces, y ostras, y corales y otras varias conchillas y caracoles sobre las altas cumbres de las montañas marítimas del mismo modo que se encuentran en los mares bajos?” (Leic. 20 a)

En aquel tiempo la opinión “sabia” era concorde en afirmar que la causa de encontrar fósiles marinos a un nivel muy alto sobre el mar era debida al diluvio universal, que había llevado a los antiguos animales —vivos o muertos— a aquellas alturas.

“Digo que el diluvio no pudo llevar las cosas nacidas del mar sobre las altas montañas” —sostiene Leonardo contrariando a la opinión sabia.

“Se ve —agrega— en las montañas de Parma y Placencia la multitud de conchillas y corales, llenos de orificios, aun unidos a las piedras (*rocce*); y de ellas cuado yo hacía el gran caballo en Milán me fué traída una gran bolsa en mi taller por unos campesinos que los habían encontrado allí, y muchos estaban bien conservados” (Leic. 9 b).

“Y si tú quieres decir que el tal diluvio fué el que llevó las conchillas centenares de millas fuera de los mares, te diré que esto no puede ser, porque el agua de los ríos hubiese corrido hacia el mar y no el mar hacia las montañas; de modo que mal puede explicarse que los corales y las ostras hubiesen sido arrastrados por el diluvio, junto con las rocas donde estaban arraigados, desde el fondo del mar hacia las montañas de Lombardía”. (Leic. 10 b).

No podemos, naturalmente, extendernos demasiado al respecto; sólo nos interesa hacer resaltar que Leonardo establece el verdadero origen de los fósiles —lo que honra al genio— al mismo tiempo que se atreve a contradecir las Sagradas Escrituras y a la opinión sabia reinante, lo que honra al hombre.

“Yo encuentro —dice— la tierra ocupada antiguamente, en todas sus llanuras, por las aguas saladas” (C. A. 126 b), “y para nosotros, bastan como testimonio de esto las cosas nacida en las aguas saladas y encontradas sobre las altas montañas, lejos de los mares”. (Leic. 31 a)

Y el esqueleto fósil de un pez le da motivo para una melancólica reflexión:

“¡Oh tiempo, veloz raptor de todas las cosas creadas, cuántos reyes, cuántos pueblos has destruído; y cuántos cambios de naciones y cuántas vicisitudes han tenido lugar después que la maravillosa forma de este pez desapareció en estas cavernosas y retorcidas cuevas! ¡Ahora, deshecho por el tiempo yaces en este desnudo lugar, y con tus descarnados huesos has hecho armadura y sostén al sobrepuesto monte!” (Br. M. 156 a)

Después del pasado, el futuro. Preve la disminución paulatina de la cantidad de agua; los ríos se secarán, la “fertil tierra no produ-

“cirá más las mieses”, quedará abandonada y estéril, perecerán los animales y los hombres y, presa de las llamas, terminará la terrestre natura”. (Br. M. 155 b)

Y frente a esa apocalíptica visión del fin del mundo “por deshidratación”, la descripción fantástica del diluvio cuya grandiosidad está expuesta con una maestría incomparable:

“El aire era obscurecido por la lluvia espesa que caía oblicuamente; el agua arrastrada por la furia del viento formaba olas en el aire como las forma el polvo; la inundación era atravesada por las líneas brillantes de las gotas al caer, iluminadas de color de fuego por los relámpagos que desgarraban las nubes...” (G. 6 b).

Y en contraste con el fin del mundo y la ira de la Naturaleza, las imágenes de paz:

“Observa por las calles, al caer de la noche, los rostros de los hombres y de las mujeres; cuánta gracia y dulzura se ve en ellos”. (B. N. 2038. 20 b)

Porque el Genio que describía la belleza de lo hórrido y que era dotado de una fuerza prodigiosa, aconsejaba la gentileza en el dibujo, tenía la suavidad de un niño y “era tan agradable en la conversación —dice Vasari— que atraía el ánimo de la gente”.

“En la elección de las figuras —aconseja— seas más bien gentil (B. N. 2038. 33 b); “cualquier figura que hagas, humana o de animal, que sea gentil” (B. N. 2038. 22 b); “los miembros del cuerpo deben ser acomodados con gracia... y si quieres hacer figuras, que demuestren gentileza (*leggiadria*) (B. N. 2038. 29 b).

Dijimos en cierta oportunidad que en todo hombre de ciencia siempre hay un soñador; y que cuando en los períodos históricos la cultura ha llegado a su máximo esplendor, el Arte y la Ciencia se unen en maravillosa síntesis.

Es un error creer que el Arte y la Ciencia sean dos diosas que tengan cada una sus adoradores que se desprecian mutua y cordialmente; y si aun hay hombres de ciencia que definirían una poesía o un poema con la desoladora frase de Hamlet: “Palabras, palabras, palabras!”, en el verdadero artista y en el verdadero sabio existe un equilibrio, una armonía perfecta entre la razón y en sentimiento.

Hay ciencia y arte en los poemas de Lucrecio y de Dante; y hay más ciencia y arte en las 4983 páginas que comprenden los manuscritos conocidos de Leonardo que en sus pocos cuadros aun inmunes de las injurias del tiempo y de los hombres.

El Dr. Evelino Leonardi, en su famosa obra “La Crisis de la Medicina”, compara la descripción que haría de un cuerpo sin vida un anatomo-patólogo, es decir un hombre de ciencia “puro”, con la que hace Leonardo da Vinci sobre el mismo tema; y demuestra que mientras la del primero aparece fría, mecánica, pesada, la de Leonardo da nueva vida al cuerpo inerte, lo resucita y lo hace volver a sus funciones dinámicas.

Leonardo es el creador de la prosa científica, la prosa nítida y concisa tan admirada por los ingenieros; pero en esa concisión, en esa nitidez, surge límpida el alma del artista, del sabio, del poeta que describe las bellezas del mundo y expresa la idea genial siempre con la mínima cantidad de palabras y utilizando sólo las apropiadas. Indica, por ejemplo, los diversos movimientos del agua con palabras sonoras: *percussione*, *urtazione* (choque), *ruinamento* (caída brusca), *ri-tardamento*, *bollimento* (hervor), *ondazione*, etc., en que cada palabra aparece como núcleo vivo de la idea que debía surgir de su mente gigantesca.

El agua para Leonardo es el espejo del Sol, cuya imagen es de tanto mayor esplendor cuanto más pequeñas (*più minute*) son las ondas, porque en este caso el número de reflexiones es mayor. (Br. M. 25 a) (Br. M. 28 a) (W. 12350).

“La onda nunca es aislada, sino compuesta por otras tantas ondas cuantas son las variaciones de la causa que la engendra” (C. A. 84 b) y la causa que la engendra no produce un movimiento de traslación sino una oscilación “una cierta sacudida que más bien puede llamarse temblor (*tremore*) que movimiento”. Y “la onda huye del lugar de su creación sin que el agua se mueva de su sitio, a semejanza de las ondas que en mayo hacen las mieses movidas por el viento, cuando se ven las ondas correr por los campos y las espigas no se mueven de su sitio”. La onda del mar siempre rompe delante de su base y la parte de la cresta que antes era más alta se encontrará más baja”. (C. A. 84 b)

Las gotas de agua están sometidas, naturalmente, a la *atracción* terrestre; pero —además— interviene en ellas la atracción molecular. Leonardo no deduce del experimento la atracción molecular: la intuye y escribe refiriéndose a las gotas de agua: “su gravedad es doble: es decir que el conjunto es atraído hacia el centro de la Tierra mientras la segunda atracción se verifica hacia el centro de la esfera que forma la gota (*sfericità d'acqua*); no veo en el ingenio humano el modo de demostrar esta última, pero puede decirse como se dice del imán que atrae el hierro, o sea que tal virtud es una propiedad oculta como hay muchas en la Naturaleza”.

Y, en contraste con la “minimitá” de las fuerzas de atracción en una gota, la violencia de la marea: “En un golfo que comunica con el mar por un brazo estrecho, la marea tiene una intensidad muy grande porque la onda del primer flujo corre en el golfo y en el tiempo que ella “desarrolla su ímpetu” se produce el reflujo en la entrada. Antes que la onda que está en el golfo sienta el efecto de este reflujo, renace en la entrada la nueva onda que entra en el golfo cuando la primera disminuye su ímpetu. De este modo penetra tanto oleaje que el nivel se eleva y las olas vuelven impetuosamente detrás de la marea que se retira...” (F. 6 b)

De esto al descubrimiento de la ley fundamental de la Hidrodinámica, para el genio no hay más que un paso, y del mismo modo que el movimiento de las ruedas dentadas lo lleva al descubrimiento de la ley fundamental de la Hidrostática, el movimiento del agua a través de un conducto lo lleva al descubrimiento de la ley fundamental de la Hidrodinámica.

Para explicar mejor su idea, supone una avenida compuesta de tres trozos: uno de un determinado ancho, el segundo de un ancho mitad, y el tercero de un ancho igual a la octava parte del primero. Imaginemos —dice— que una muchedumbre debe marchar de un modo continuo por los tres trozos: para que esto suceda, cuando los hombres que atraviesan la parte más angosta dan un paso, los que están en la parte media dará dos; y los de la parte más estrecha, tres; “proporción que encontrarás en todos los movimientos que pasan por los lugares de diferentes anchos”. (A. 57 b)

Entonces, si un río tiene diferentes anchos en su curso, el agua correrá con mayor velocidad en la parte más estrecha que en la parte más ancha; y también “todo movimiento de agua de igual ancho y superficie correrá tanto más fuerte en un lugar que en el otro cuanto el agua sea menos profunda en un lugar que en el otro”. (A. 57 b)

O sea, traducido al lenguaje científico moderno: “la velocidad de una corriente en un conducto es inversamente proporcional a la sección del mismo”. (Ley de continuidad)

El agua es “la que mueve los humores de las especies animadas, la sangre vivificadora de las montañas”; y Leonardo, mecánico y anatomista, para estudiar “el humor vital de la máquina terrestre”, dice que hay que suponer la Tierra cortada por la mitad para ver las profundidades del planeta, ya que “el cuerpo de la Tierra, a semejanza de los cuerpos de los animales, está tejido por ramificaciones de venas, todas unidas entre sí y destinadas al alimento de la Tierra y de sus criaturas”. (Leic. 33 b) (Leic. 31 a) (Leic. 21 b).

Grandísimos ríos corren bajo tierra (C. A. 160 b), tan es así que en Sicilia, por ejemplo, durante cierta época del año un río arrastra hojas de castaño. Como en Sicilia no hay castaños, debe suponerse que las fuentes de aquel río se encuentran en alguna parte de la península itálica y sus aguas desembocan en Sicilia después de un recorrido subterráneo y submarino. (Leic. 31 b)

Aun no había nacido ni Cesalpino, ni Fabricio de Acquapendente, ni Servet, ni Harvey cuando Leonardo había descubierto la circulación de la sangre, ya que — entre otras cosas— compara el agua de los ríos subterráneos a “la sangre de los animales que parte del corazón y corre por los vasos” (Leic. 21 b).

Después de algunos tanteos en antiguas teorías, descubre que la verdadera causa de los ríos está en el ciclo del agua: desde el mar a las nubes, de las nubes a las fuentes y de las fuentes al mar donde los ríos llevan disueltas las sales de la tierra. (A. 55 b). (G. 48 b).

Y al ciclo del agua responde el ciclo de las rocas. Es sabido "que las rocas resbalan desde las cumbres hacia el valle, moliéndose en fina arena y acumulándose confusamente al pie de la montaña, hasta que la acción del tiempo las hace desaparecer y como elementos finísimos se pierden en el océano junto con los materiales que el arroyo o el río arrancan al modelar sus lechos".

Hemos transcripto lo que enseña un libro de Geología moderna; cuatrocientos años antes de la aparición de los libros de Geología modernos, Leonardo establecía una clasificación de los materiales pétreos en el lecho de un río cualquiera.

Cerca de las fuentes — dice — se encontrarán piedras gruesas con ángulos y lados y, siguiendo la corriente, aparecerán sucesivamente piedras más pequeñas con ángulos más redondeados, canto rodado, granza gruesa, granza más fina y, por último, arena y limo. La arena se deposita en la playa y el limo "tan sutil que parece de naturaleza de agua" es llevado por las olas y se deposita en el fondo del mar. Este limo — termina diciendo — contiene las conchillas y ésta es tierra buena para hacer jarras. (Leic. 6 b). Cuando el mar se aleja de las montañas, la salinidad del mar y "otro humor de la tierra" unen a la granza y a la arena, y convierten nuevamente a la primera en piedra y a la segunda en arenisca. (Leic. 6 b). (Leic. 31 b).

Las olas pasan sobre el limo sin arrastrarlo, debido "*a la sua lubricità*"; con el pasar de los siglos, el limo llevado por los ríos hará que el fondo de los mares interiores se levante, y de este modo "el Po desecará el Mar Adriático como en otros tiempos desecó gran parte de Lombardía" (Leic. 27 b).

El Po es un ejemplo; todos los ríos arrastran materiales, así las orillas ganan continuamente terrenos al mar, mientras los escollos y promontorios son gastados por la erosión, de modo que los mares internos lentamente levantan sus fondos y todo tiende a nivelarse. (Leic. 20 a).

No es probable que Leonardo haya visitado las regiones donde corren los grandes ríos; por eso es más asombrosa la exactitud con que indica sus recorridos. No mencionaremos el Nilo, cuyo origen en los grandes lagos y cuyo recorrido pudo conocer por los relatos de Eratóstenes y Tolomeo; pero conviene recordar, por ejemplo, que el Oxus — el actual Amu Daria que desembocaba antiguamente en el Mar de Aral — desarrolla, según Leonardo, su curso a lo largo de 1.000 millas, o sea 1.646 kilómetros (Leic. 31 b); al mismo resultado llegaríamos nosotros si midiéramos en un buen mapa del Turkeistán el curso del Amu Daria.

En Indo, según Leonardo, "desemboca en el Mar de la India por siete brazos y tiene un recorrido de 1.900 millas" (C. A. 95 b), lo cual concuerda con la longitud de 3.150 kms. que asignan al Indo las Geografías modernas.

El Mediterráneo — dice Leonardo — “corre por 3.000 millas antes que vuelva (*si rimpatri*) al Océano, padre de las aguas”. La superficie del Mar Rojo — agrega — tiene el mismo nivel que el Océano, y por consiguiente que el Mediterráneo, con el cual comunicaba antiguamente antes que los aluviones los separaran. (C. A. 328 b).

Trescientos años después, la Comisión nombrada por Napoleón Bonaparte para examinar la posibilidad de abrir un canal entre el Mar Rojo y el Mediterráneo llegó a la sorprendente conclusión que un canal era imposible entre los dos mares, porque el nivel del Mar Rojo era más alto que el nivel del Mediterráneo en m. 9,908.

Como se ve, la Comisión antedicha extendió la exactitud de su nivelación hasta el milímetro, y el resultado que obtuvo fué absolutamente contrario a la opinión de Leonardo.

Se necesitaron otros veinte años más para que una nueva nivelación efectuada por el Ingeniero Guedini demostrara que los Miembros de la Comisión habían incurrido en un error y que era exacto lo que afirmó Leonardo tres siglos antes: el nivel de la superficie del Mar Rojo es el mismo que el de la superficie del Mediterráneo. Lo cual comprueba que el genio llega a veces a substituir todos nuestros complicados instrumentos por el intelecto, y puede hacer a menos de ver las cosas porque las imagina.

En un viaje hipotético al Oriente, Leonardo se detiene en el Asia Menor, la antigua patria de los Tirrenos, y describe la catástrofe de los Montes Tauros, relatándola en cartas que dirige a un imaginario personaje, el *Diodario* (Defterdar) de Siria.

Y, después de referir esa catástrofe “que a todo el Universo produjo terror”, describe la tranquilidad de un templo que proyectaba para la isla de Chipre, la cuna de Venus, donde “el agua de las fuentes debía caer en vasos de pórvido y serpentina”, y alrededor de un pórtico hacia Septentrión debía haber un lago con una pequeña isla en el centro, y en la isla un tupido y umbroso bosquecillo en el cual el agua se esparcería en serpenteantes arroyuelos”. (W. 12591 a).

Sería muy largo enumerar las descripciones de sus manuscritos: los ríos, las cordilleras, los lagos y los paisajes de ensueño, las montañas a través de la neblina, el lento caer de la nieve, la calma de los lagos alpinos, el azul de la lejanía cuando el sol está en su máxima altura; el aire, el cielo y el color de las cosas “cuando el sole tramonta” — cuando el sol se oculta —, las praderas “con mínima, casi insensible sombra”; y la ira de la Naturaleza: el huracán, la tormenta, el diluvio, las tempestades, en un conjunto que constituye un poema grandioso a la “bellezza del Mondo” y a las energías creadoras de la Naturaleza.

Nadie recuerda ahora los nombres de los "neo-humanistas" que sonreían despectivamente ante las frases del Genio, del "homo sanza lèttère"; pero la figura de Leonardo ha vencido al tiempo y ha atravesado los siglos.

Y cuando sus manuscritos sean tan conocidos como sus cuadros, el mundo leerá el himno más grande que haya elevado a la Naturaleza el más grande de sus hijos.



III

OBRAS DE ARTE FUERA DE LOS MUSEOS

EL ESPEJO DEL SOL

Después de haber recorrido toda la tierra durante siglos y siglos, Zanut se ha detenido en la cumbre de la Montaña Negra: el "Monte Nero".

Buscaba la felicidad, Zanut; y no la encontró en ninguna parte. Entonces se retiró a la montaña áspera y salvaje que se levanta entre las selvas de pinos y de abetos, y desde allí hacía rodar todas las noches setecientos carros llenos de oro para distribuirlo entre los mortales.

Esto narra la antiquísima leyenda del Friuli; y agrega la leyenda que cuando las primeras luces del alba doraban los picos de los Alpes, Zanut llamaba a las ondinas, quienes acudían con coronas de flores y con los cabellos al viento para danzar y verter perfumes en el río que refleja el color del cielo y cuyas aguas corren dulcemente al pie de las montañas.

Ahora ya no acuden más las ondinas ni Zanut está más en la Montaña Negra; las ondinas huyeron despavoridas porque las hordas bárbaras han ocupado las alturas, han cruzado el río Isonzo, el río de las aguas perfumadas, y amenazan la República de Venecia "virgen y reina", la única república de Italia y del mundo que impidió durante catorce siglos el dominio del extranjero.

A bordo de las galeras de la "Serenísima República", los hombres de armas de la ciudad del ensueño vigilaron durante mil cuatrocientos años las fronteras invisibles del imperio del mar, y mientras el viento traía desde el arsenal el martillar continuo de los ocho mil carpinteros de ribera, la filigrana de los mármoles se reflejaba en las aguas de la laguna y las manos de hada de las niñas tejían encajes primorosos. Y como al alba y al atardecer la diafanidad del cielo hacía brillar con mil colores las aguas trémulas, en una de las cien islas, en Murano, se tejían otros encajes, encajes de cristal para encerrar en ellos las luces del cielo y del mar.

En la imposibilidad de atacar a Venecia en una guerra naval, los turcos avanzan por los Balcanes y la atacan por tierra, desde el Isonzo y el Friuli.

Comenzaba el nuevo siglo, el 1500, y Leonardo llegaba a Venecia. Había salido de Milán con Giovanni Antonio Boltraffio y Giacomo Salái en diciembre del año anterior, 1499, cuando entraron en

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
SECRETARIA Y AGRIENSURA

aquella ciudad los extranjeros al mando del mariscal Trivulzio, el acérrimo enemigo de Ludovico el Moro.

La entrada de las tropas extranjeras produjo en Milán la emigración de los grandes hombres: Bramante se dirigió a Roma, Leonardo y Luca Pacioli a Mantua, y desde allí a Venecia y desde Venecia al Friuli y al Valle del Isonzo, invadido por los turcos.

Diez años antes Leonardo había escrito: "Modo de destruir una muralla sin bombardeo si podéis disponer de una corriente de agua. A una señal dada se abrirán las compuertas y una gran inundación arrastrará todo; caerá una gran cascada sobre los muros de la fortaleza e inundará un campo de batalla". (B. 64 a).

Es precisamente lo que aconseja poner en práctica para la defensa de la República de Venecia. Hace un croquis del curso del Isonzo (C. A. 224 b) y proyecta cerrar la corriente con una gran diga a cierta distancia de la desembocadura, diga que provocaría la inundación de todo el valle y, por consiguiente, la imposibilidad de la retirada para el ejército enemigo.

Nada de esto se hizo; los turcos se retiraron antes que se realizara el proyecto de Leonardo, el cual proyecto quedó en estado de tal. A los turcos siguieron los austríacos; los venecianos sitiaron a los austríacos en Gorizia, en Gradisca y en Plezzo, y ocuparon toda la región después de un formidable cañoneo. "El fuego de los cañones venecianos no tiene ejemplo" — escribía el defensor austríaco de Gorizia a su emperador.

Se necesitaron ciento setenta y dos años para que se pusiera en práctica la idea de Leonardo; y no se puso en práctica en Italia sino en los Países Bajos. Se recordará que el 12 de junio del 1672 un ejército de 120.000 hombres al mando de Turenna y de Condé penetraba en Holanda; tres días después los holandeses abrieron las esclusas y la inundación que sobrevino cambió el curso de la llamada "Guerra de Holanda".

No fue Leonardo el inventor de las esclusas; tal vez el inventor fue "un campesino de mucho talento" que en el siglo XIV tuvo que resolver el problema de transportar los mármoles para el Duomo desde el Naviglio Grande. Como había un cierto desnivel, el "campesino de mucho talento" detuvo la corriente de un riachuelo, el Vetabia, de modo que crecieran las aguas hasta el nivel necesario y transportaran las chatas con el mármol hasta un barrio que se llamaba Santa Croce, desde el cual se dirigían, ya a un nivel superior, a otro lago cerca de San Esteban.

El sistema rudimentario precedía al invento de las esclusas, las que posteriormente son descriptas por León Battista Alberti en su obra "De re aedificatoria", escrita en 1452, o sea en el mismo año en que nació Leonardo.

Pero si no fue Leonardo el inventor de las esclusas, a él se debe

el invento del cierre de doble puerta en ángulo, disponiendo las compuertas de modo que al abrirlas rápidamente “*si faccia il maggior impeto*” y se limpie el fondo del río, porque “el río que es más veloz gasta más el fondo y, al contrario, el agua que tarda más deja más depósitos”. (Br. M. 270-b).

En el Friuli se puso en práctica el sistema de compuertas ideado por Leonardo, porque algunos años después, al proyectar en Francia el canal de Romorantin, escribe:

“Que sean las compuertas móviles, como yo ordené en el Friuli, donde, abierta una catarata, el agua que de allí salía excavó el fondo”. (Br. M. 270 b).

El “*maggior impeto*” debía ser utilizado para el movimiento de las ruedas hidráulicas o de las turbinas, porque Leonardo no admitía la inutilidad de las cosas. “Cuando tú reúnes la ciencia de los movimientos del agua — dice aconsejándose a sí mismo — recuerda que debes poner debajo de cada proposición su utilidad (*li sua gioventi*) para que esa ciencia no sea inútil”. (F. 2 b).

Para dotar de movimiento a las máquinas que proyecta prefiere a las pesas y a los resortes, la energía del agua; el agua para Leonardo es la pureza, es “el espejo del Sol” y el elemento esencial en su obra artística y científica.

En sus cuadros y en sus dibujos representa el agua en la rabia de las tempestades y en la placidez de un lago alpino, en el fragor del oleaje y en el suave murmullo de un arroyuelo. En 1502 se encuentra en Rímimi como ingeniero militar de César Borgia; escucha el canto del agua de una fuente y más tarde anota: “Se hace una armonía con las diversas caídas de agua, como viste en la fuente de Rímimi”. Y repite como para grabar más en la memoria la armonía del agua: “Como viste el día 8 de agosto de 1502”. (L. 78 a).

Cuando pintaba el retrato de la Gioconda deseaba que la modelo estuviera rodeada por músicos para que una dulce melodía infundiese expresión de serenidad a la sonrisa. El canto del arroyuelo, en el paisaje del célebre cuadro, parece repetir por la eternidad la melodía que escuchaba Monna Lisa, cuyo rostro rasga la neblina de los siglos y llega hasta nosotros a través del tiempo.

“Porque el agua de un río — observa Leonardo — es símbolo del tiempo: la que vemos en un momento dado es como el fugaz instante, última de la que ha pasado y primera de la que viene”.

“Mira tú el movimiento del agua — dice en otra hermosa similitud — y verás que semeja al de los cabellos; éstos, como el agua, tienen dos movimientos: uno es debido a su propio peso, el otro a la dirección de los rizos; así también el agua tiene sus ondas “*revortiginose*” — vorticosas — cuyas formas son debidas en parte al impulso de la corriente principal, y en parte al movimiento incidente y reflejado”. (W. 12579 a).



Croquis para el saneamiento de Val di Chiana
Biblioteca Real de Windsor

Proyecta escribir 44 libros sobre el agua, libros cuyo conjunto debía constituir una obra colosal. En 1643 Luigi María Arconati recopiló en un solo manuscrito — actualmente en la Biblioteca Vaticana — todos los escritos de Leonardo relativos a la Hidráulica. El manuscrito de Arconati comprende nueve libros y fué impreso en Bolonia durante el año 1642 con el título "*Del moto e misura dell'acqua*". Del movimiento y medida del agua.

Parecería que en pleno siglo XX deberían ser juzgados con cierta benevolencia los preceptos y las observaciones contenidos en una obra escrita hace cuatrocientos cincuenta años, y que el mérito de quien la escribió no excede del de un precursor, cuyos conocimientos técnicos estarían muy lejos de los de un ingeniero de la época moderna, la época de la técnica por excelencia.

Sin embargo, no es así. El profesor Marcolongo cita la opinión del profesor Jorge Bidone — una autoridad indiscutida y un célebre ingeniero hidráulico — quien, refiriéndose a los mencionados preceptos y observaciones de Leonardo relativos a los ríos canalizados y a los canales, dice lo siguiente: "La parte descriptiva de la forma y dirección de los canales no deja nada que desear, y sus explicaciones están basadas en los Principios fundamentales de la Mecánica".

Leonardo establece que la pendiente de un canal debe ser de dos onzas cada cien *trabocchi*, o sea de m. 0.097 (dos onzas) cada m. 233,44 (cien *trabocchi*), lo cual correspondería a unos cuarenta centímetros por kilómetro. (C. A. 336 b).

Los antiguos acueductos romanos tenían una pendiente no menor de cincuenta centímetros por kilómetro, para que no se produjeran depósitos de limo. Con el pasar de los siglos la pendiente disminuyó. "Hace cuarenta años — dice el ingeniero Legrand en "*Les Eaux*" — se consideraba una pendiente kilométrica de m. 0.30 como un límite que no era prudente sobrepasar".

La obra del ingeniero Legrand fué escrita en 1875, de modo que puede suponerse que hasta la primera mitad del siglo pasado se calculaba una pendiente mínima de m. 0,40 para los canales. Una pendiente menor implicaría gastos de limpieza que debían sumarse al costo de la obra; así que la establecida por Leonardo de unos cuarenta centímetros por kilómetro — exactamente m. 0,4145 por km.) — era suficiente para evitar que el canal se cegara por depósitos de limo.

Ya dijimos que — según Vasari — Leonardo fué el primero que siendo aún jovencito, se le ocurrió canalizar el Arno entre Florencia y Pisa. Sólo muy posteriormente, cuando ya había pasado los cincuenta años, Leonardo pudo proyectar la canalización que había ideado "siendo jovencito" para bonificar la región comprendida entre Florencia, Prato, Pistoia, Pisa y Luca. Y no se trataba realmente en su proyecto de canalizar el Arno, sino de excavar un canal

lateral a dicho río con una sección conveniente para permitir la navegación desde Florencia hasta Pisa.

Es sabido que para que dos barcas se puedan cruzar fácilmente es necesario que el fondo del canal tenga como mínimo 10 metros de ancho. La sección del canal proyectado por Leonardo era trapezoidal y, reduciendo sus medidas en brazas a medidas en metros, debía tener un ancho de 12 metros en el fondo, 18 metros en la parte superior y una profundidad de dos metros con cuarenta centímetros. Las medidas indicadas implican una pendiente de taludes de unos 40°, o sea la inclinación natural de las tierras arenosas húmedas. (C. A. 46 a).

Con las medidas establecidas por Leonardo se tendría una sección de m² 36.00; un perímetro mojado de m. 37.00 y una pendiente de m. 0.0004 por metro. Un cálculo sencillo demuestra que la velocidad de la corriente debía ser de m. 1.00 por segundo, velocidad no excesiva si se considera que el canal transportaría agua fangosa, por lo menos entre la toma de agua y los primeros riegos.

El recorrido debía ser Florencia, Prato, Pistoia, Serravalle hasta desembocar en el lago del mismo nombre; y para alimentar el canal Leonardo había proyectado una represa que debía construirse en la Chiana de Arezzo (C. A. 46 a), la cual represa, recogiendo las aguas que en aquel lugar se empatanaban, habría servido también para el saneamiento de Val de Chiana, región saneada y vuelta floreciente por los etruscos y los romanos, y vuelta desolada e infecta por las invasiones de los bárbaros y la incuria de los civilizados.

Leonardo calculaba el costo unitario en 4 “dinari” por “brazas cuadrada”, lo que — traducido en nuestra moneda actual — resultaría de unos veintidós pesos por metro lineal, o sea de unos sesenta centésimos el metro cúbico.

La excavación debía realizarse con los medios mecánicos que él había inventado: grúas y máquinas excavadoras para el movimiento de tierra. Por otra parte, indica la forma de disponer los hombres para que se obtenga de ellos el máximo rendimiento en una excavación. “Son los movimientos de tierra circulares — dice — muy útiles porque nunca los hombres se detienen; y esto se consigue de varios modos, de los cuales el primero es el transporte de la tierra en recipientes cargados al dorso del hombre; el segundo modo es con parihuela, y el tercero con carro; de éstos el primero es el menos conveniente, porque quien lleva el recipiente cargado al dorso “pierde tiempo ya que debe primero depositar el recipiente, esperar que lo llenen y cargarlo, mientras el de la parihuela no pierde tiempo”. (C. A. 69 b).

El canal seguiría paralelamente al Arno, río que no podía ser canalizado “porque los afluentes, al depositar tierra y al arrastrarla del lado opuesto lo encorvarían” (W. 12279). Por eso Leonardo aconseja un canal lateral que presentaba, además, la ventaja de acortar la distancia entre Florencia y Vico en 12 millas. (W. 12279).

Este hermoso proyecto, como muchos otros hermosos proyectos de Leonardo, no se llevó a la práctica. Unos cincuenta años después, en 1551, se comenzó el saneamiento de Val de Chiana por Antonio Ricasoli, quien excavó el "canal Maestro" que lleva al Arno, cerca de Arezzo, el agua que recibe de los torrentes, y recién las obras de desecamiento fueron completadas en el siglo pasado con la construcción de los últimos colectores. En cuanto al canal lateral al Arno, proyectado por Leonardo, no se construyó nunca.

En julio de 1503, la "Signoría" envió a Leonardo, a Alejandro degli Albizzi y a Giovanni Cellini, padre de Benvenuto, "para nivelar el Arno cerca de Pisa y desviarlo de su lecho". Giovanni Cellini "era *ingegnere*" — dice su hijo Benvenuto — y tanto para hacer instrumentos como para construir puentes, máquinas de tejer y toda clase de máquinas "laborava miracolosamente".

De una carta enviada por Francesco Guiducci, con fecha del 24 de julio de 1503, a la "Balía" de Florencia — nosotros diríamos al Ministerio de Defensa — se desprende que el objeto de la visita de aquella Comisión de Ingenieros al campo de Pisa era resolver si el Arno debía seguir su curso o desviarlo en un canal que "por lo menos impediría que las colinas fuesen ofendidas por los enemigos".

Los *enemigos* eran los pisanos que estaban en guerra con los florentinos, una de las tantas guerra fratricidas en que se consumían las repúblicas italianas mientras los reyes extranjeros se disputaban el dominio de la Península. Los dos famosos cartones — uno de Leonardo y otro de Miguel Angel — que mientras estuvieron expuestos fueron al decir de Benvenuto Cellini "la scuola del mondo" — tenían precisamente como temas "La Batalla de Cascina" entre pisanos y florentinos, y la "Batalla de Anghiari" entre florentinos y milaneses.

Leonardo comenzó el cartón de la Batalla de Anghiari en octubre de 1503, después de haber aconsejado a la "Balía", como Miembro de la Comisión de Ingenieros, la excavación de un lago artificial que retuviese las aguas del Arno y las llevara directamente al mar por dos canales; y, además, la continuación del canal proyectado entre Florencia y Serravalle, del cual hemos hablado, hasta el lugar donde más tarde debía surgir la ciudad de Liorna.

Tampoco este proyecto pudo ponerse en práctica; y la misma suerte tuvo otro proyecto de Leonardo de prolongar la navegación desde Milán hasta el Lago de Como abriendo un canal paralelo al Adda, continuación del canal de la Martesana, construido por el ingeniero Bértoli en 1457.

Leonardo aconsejó la excavación de un canal desde Tresso hasta Brivio, y formar en Brivio dos represas de seis millas y medio. (C. A. 141 b). Este proyecto fué exhumado casi cien años después por el ingeniero Meda quien, para salvar el desnivel de 28 metros,

interpuso dos esclusas, una de 6 metros y otra de 18. Leonardo había ideado, además, la construcción de otro canal a través de los lagos de Pusiano y de Annone, para unir el Lago de Lecco con el Lambro (C. A. 114 b), pero este proyecto aun no ha sido realizado.

En 1513, según dijimos antes, Leonardo abandonaba Milán por segunda vez; dejaba los canales de Lombardía y se encaminaba hacia Roma, donde Juan de Médicis había sido elegido papa con el nombre de León X.

En la tumba de los Médicis que esculpió Miguel Angel, hay dos figuras principales: una representa a Lorenzo de Médicis "el Penseroso" — sobrino de León X y padre de la célebra Catalina de Médicis —; la otra, entre las estatuas de la Noche y del Día, representa a Julián, hermano del papa y amigo y protector de Leonardo, tanto que en Roma Leonardo se alojaba en el Belvedere, "en un estudio que le hizo preparar el Magnífico Julián".

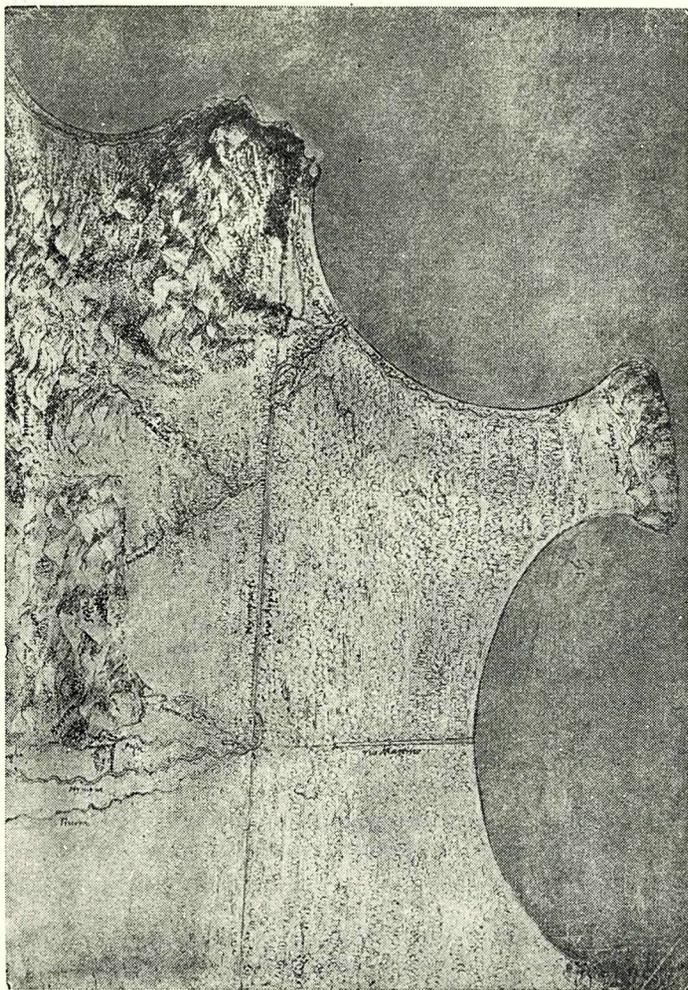
Entre Roma y el Monte Circeo — el monte donde moraba la maga Circe que transformaba los hombres en bestias — se despliega como tapiz de esmeralda el valle que fué cuna de la raza latina. Antiguamente esa región era habitada por los Volscos, grandes constructores de canales; por eso todo el valle era un esplendor de cultivos. Roma aun no había nacido y venticuatro ciudades de nombres sonoros florecían en aquel valle: una de esas ciudades — Albalonga — fué la madre de Roma.

Cuando Roma era joven y exuberante trazó carreteras; una de ellas, la "regina viarum" — la reina de las carreteras — fué construida por Apio Claudio Ciego y de él tomó el nombre: se llamó Vía Apia. La Vía Apia atraviesa como una flecha todo el antiguo valle y llega hasta las aguas azules del Tirreno sobre terraplenes estupendos y con drenajes perfectos.

Los drenajes eran necesarios porque los ríos que bajan desde los Montes Lepinos, a Oriente de la Vía Apia, disminuyen su velocidad al llegar al valle e inundan la región, transformándola de fertilísima en malsana y pantanosa; porque también las regiones, como los hombres, están sujetas a cambio de fortuna.

Y mientras en Roma se construían los grandes templos y los grandes palacios, y los más grandes artistas los decoraban con estatuas y pinturas maravillosas, en las mismas puertas de la Ciudad Eterna comenzaba el reino de la desolación y de la malaria.

En setiembre de 1514 Julián de Médicis, "il Magnífico Giuliano", es aclamado Señor y Protector por los habitantes de Terracina, porque — como siempre suele suceder — las repúblicas se han transformado en Señorías. Juliano se propone sanear la región de los pantanos donde está Terracina — los famosos Pantanos Pontinos — y encuentra en Leonardo el genio capaz de proyectar ese saneamiento.



Croquis para el Saneamiento de los Pantanos Pontinos
Biblioteca Real de Windsor.

Leonardo recorre la región malsana, atraviesa las marismas mortíferas y traza un mapa que explica su proyecto, el cual consistía, en sus líneas generales, en reunir en un canal paralelo a la Vía Apia las aguas de los ríos Timara, Ninfa y Puza, en primer término; y después las de los ríos Ufente y Amaseno, todos los cuales bajan de los Montes Lepinos. El canal terminaba en el mar, cerca de la Torre de Badino, formando un codo antes de su desembocadura; el codo tenía el nombre de "Portatore Giuliano", y al canal Leonardo lo llamó "Ninpha Flumen". Las otras aguas, más occidentales, debían llevarse por otro colector —el río Martino— perpendicular al primero.

Aunque en forma de croquis, el proyecto de Leonardo revela la visión sorprendente que caracteriza al genio; tanto, que al llevarse a la práctica cuatrocientos veinte años después el desecamiento de los Pantanos Pontinos, los trazados que efectuaron los ingenieros modernos del Canal Botte y del Canal del río Martino siguieron el primitivo proyecto de Leonardo. El Canal Botte se aleja apenas de unos mil metros del Ninpha Flumen de Leonardo y desemboca en el mar con un canal "Portatore" precisamente en Porto Badino, o sea donde proyectó Leonardo esa desembocadura.

Además de la clarividencia de Leonardo, conviene notar que la importancia del proyecto consistía también en que se modificaba el antiguo sistema de las "colmate", o sea de dejar depositar las sustancias sólidas en suspensión, por el de canales colectores, procedimiento que ideó Leonardo y que es el usado actualmente.

Los trabajos fueron iniciados en 1515 bajo la dirección de Juan Scotti y de acuerdo con el proyecto de Leonardo; pero la muerte de Julián de Médicis, acaecida en 1516, determinó en el mismo año la suspensión de las obras y la partida de Leonardo para Francia. Había perdido al amigo y protector, "il Magnífico Giuliano"; su proyecto ya no se realizaría, y la gente seguiría muriendo de malaria al borde de la Vía Apia y entre los restos de los grandes acueductos romanos.

Es sabido que en Francia Leonardo fué alojado en el castillo de Cloux, cerca de Amboise; y es sabido también que Amboise está situada en la orilla izquierda del Loira, entre Tours y Orléans, al Este de la confluencia del Loira con el Cher. Ambos ríos encierran una región que se llama la Sologne, y como la Sologne es atravesada por una cantidad de afluentes del Loira y es una región baja, deriva en consecuencia que es fácilmente inundable y pantanosa.

Leonardo proyectó sanearla, y para esto ideó un canal que uniera el Loira, cerca de su confluencia con el Cher, con Romorantin, pequeña ciudad situada en las orillas del Soudre, afluente del Cher.

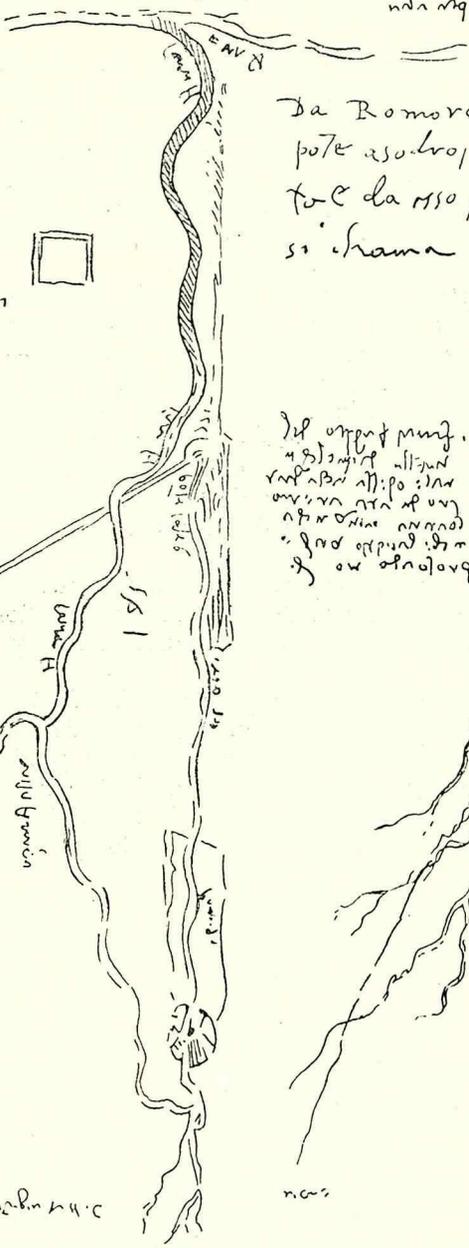
Hace un croquis del Loira y de sus afluentes entre Tours y Romorantin, y dice: "Si el río m n, ramo del Loira, se manda con sus

Handwritten notes in Spanish at the top left, partially illegible.

Handwritten notes in Spanish at the top right, partially illegible.

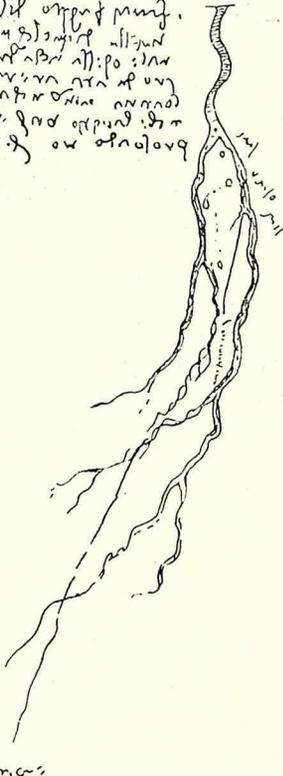
Handwritten notes in Spanish, enclosed in a circle on the left side.

Handwritten notes including '2C', 'xvi de Cruz Dor', and '115 Aranjuez' on the left side.



Da Romorantino juro al pote asobroja e siame soude to e da esso pote juro a toue si chama schier

Handwritten notes in Spanish on the right side, partially illegible.



Handwritten notes at the bottom left of the main drawing.

Handwritten notes at the bottom of the secondary drawing.

Croquis para el Canal de Romorantin

aguas turbias en el río de Romorantin, abonará los campos sobre los cuales pasará, fertilizará la región que alimentará a sus habitantes y podrá disponerse del canal que será navegable y mercantil". (Br. M. 270 b).

Para no extendernos demasiado no nos detendremos sobre los detalles de esta canalización y saneamiento que aparecen en los manuscritos del Códice Atlántico 336 b, y en los del British Museum 269 a, 269 m, 270 a, 270 b, etc.; solamente recordaremos que el proyecto de esta obra no era sino una parte del proyecto del gran canal que Leonardo había ideado, canal que debía partir de Tours y prolongarse hasta Lion, uniendo así el Loira con el Ródano o, si se quiere, el Atlántico con el Mediterráneo.

A este respecto he aquí la opinión de Revaissou, expuesta en la Gazette de Beaux Arts (1881, pág. 530) y citada por Richter:

"Los trazados de Leonardo —dice Ravaissou— permiten entrever que el canal que comenzaba cerca de Tours, o cerca de Blois, pasando por Romorantin con puerto de embarque en Villefranche, debía —más allá de Bourges— atravesar el Allier debajo de los afluentes de la Dora y de la Suole, e ir por Moulins hasta Digoin; y, por último, pasar los montes de Charolais sobre la otra orilla del Loira y cruzar la Saona cerca de Macón".

Fue éste el último proyecto de Leonardo, ideado cuando la parálisis había atacado su mano derecha. Porque los dioses castigan a los Titanes: Beethoven quedó sordo; Galileo, ciego; y Leonardo, paralítico.

La voluntad férrea se sobrepuso a la ira de los dioses; y si Leonardo pintor dejó a Francia la sonrisa eterna de "la Gioconda", Leonardo ingeniero indicó como transformar en productiva y vivificar una región malsana y desolada; porque el artista y el ingeniero, cuando la vida huía de él, retribuía la hospitalidad que Francia le había brindado otorgando la vida a todo lo que tocaba.



TIERRA Y CIELO

En el año 186 a. C. el Cónsul Marco Emilio Lépido trazó la carretera que une Rímimi con Placencia; la carretera se llamó "Vía Emilia", en honor del Cónsul ingeniero.

La Vía Emilia corta las últimas estribaciones nororientales de los Apeninos, está situada entre las montañas y el mar, y su trazado es tan perfecto que nada debería modificarse en él si hubiese que construirla hoy; tan es así que cuando los ingenieros modernos trazaron la vía férrea y la carretera actual, no encontraron mejor solución que seguir la Vía Emilia en todo su recorrido.

La obra de Marco Emilio Lépido hizo florecer la región que atraviesa, región comprendida entre los ríos Po y Reno, los Apeninos y el Adriático; "tra il Po, il monte, la marina e il Reno" —diría Dante (Purg. XIV - 91).

Surgieron allí las ciudades que recuerdan los grandes nombres: Corregio nos habla de Antonio Allegri y Busseto de Giuseppe Verdi, Ferrara de Ariosto, Rímimi de León Battista Alberti y Ravenna de Dante. Y sobre la Vía Emilia se alinearon otras ciudades: Placencia, Parma, Reggio, Módena, Bolonia, Imola, Faenza, Forlí, Cesena; ciudades guerreras de torres almenadas que parecen alinearse en una parada militar a lo largo de la vía ilustre.

Diez y siete siglos después de su construcción, en 1502, Leonardo la recorre como ingeniero militar, se detiene en Imola y traza la planta de la ciudad encerrada en sus murallas.

Las ciudades prehistóricas italianas pueden agruparse, respecto a su trazado, en dos tipos principales: uno de planta aproximadamente circular, rodeada por una muralla de piedra; otro de planta cuadrilátera, orientada de Nordeste a Sudoeste, y rodeada por un canal derivado de un curso de agua. El primer tipo había sido importado en Italia por la corriente inmigratoria mediterránea que construía sus ciudades en las alturas; el segundo tipo había sido importado por la corriente inmigratoria septentrional que construía sus ciudades en los valles, cerca de los ríos.

Estos dos tipos fundamentales permanecieron a través de los siglos y aun aparecen en las ciudades modernas.

Destinada desde su nacimiento a "unir las cosas separadas y diferentes", la Roma primitiva fué edificada sobre una altura como las ciudades de la corriente mediterránea, pero se construyó cerca de

un río y con planta cuadrangular — la “Roma quadrata” — como las de la corriente septentrional. Así dispusieron sus soldados los campamentos, así dispusieron los veteranos sus colonias que más tarde fueron ciudades, y así se difundió el tipo de ciudad con sus calles principales — “cardo y decumano” — que se cortan en ángulo recto y forman un pequeño ángulo, de 12 a 20 grados, con la dirección de los puntos cardinales.

Descendiente de una antigua colonia de veteranos, Imola es una de estas ciudades; y es interesante comparar la planta de una ciudad prehistórica — una terramara — de la corriente septentrional, un campamento romano y la planta de la ciudad de Imola trazada por Leonardo.

Y es interesante también comparar ese estudio de Leonardo con otra planta de ciudad trazada posteriormente, porque esta comparación demuestra que nuestra ciencia y nuestro arte de la Cartografía moderna no deriva de los que fueron posteriores a Leonardo, sino de Leonardo mismo, quien utilizando medios e instrumentos que estaban muy lejos de la perfección y de la exactitud de los que nosotros usamos, llegó a un resultado realmente maravilloso.

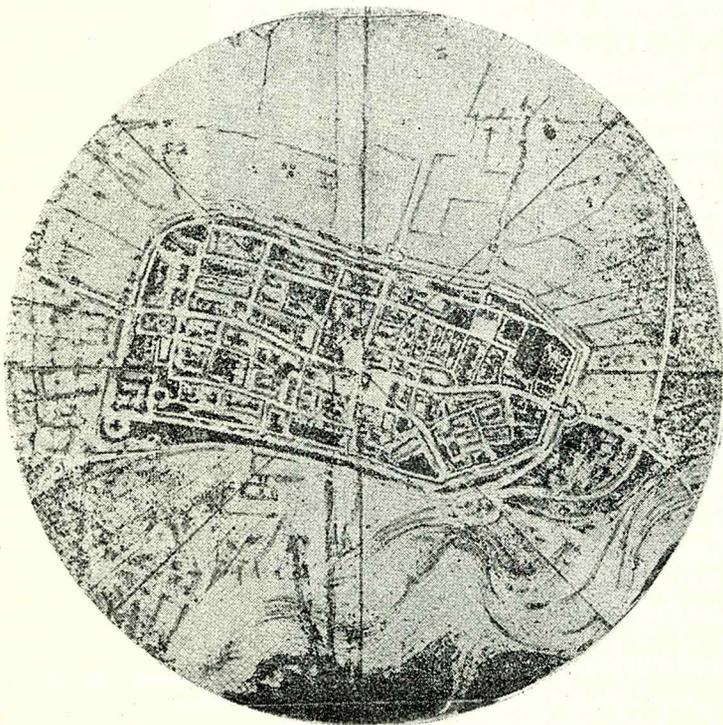
Imola era una ciudad ya construída, una ciudad cuya disposición la une al lejano pasado de las terramaras; Leonardo había proyectado tres años antes una ciudad futura, porque en todas las manifestaciones de su genio debía unir el lejano pasado con el futuro.

En su proyecto de ciudad ideal, Leonardo establece calles a distintos niveles: las superiores —más altas que las inferiores de 6 brazas (m. 3,60 aproximadamente)— debían comenzar fuera de la ciudad con una pendiente adecuada hasta llegar a las 6 brazas en las puertas de la misma. Cada 300 brazas (unos 180 metros) las calles superiores comunicarían por medio de escaleras con las inferiores. Estas últimas debían tener 12 metros de ancho, con una pendiente de 1/20 hacia el centro, de modo que el eje de la calle fuese 30 centímetros más bajo que los bordes.

En los bordes debía haber columnas que sostenían dos pórticos, uno a cada lado de la calle, de la misma longitud de ésta. Se obtenía así una especie de vereda cubierta, y como el ancho de cada pórtico era de m. 3,60, el ancho total —calzada y pórticos— llegaría a m. 19,20.

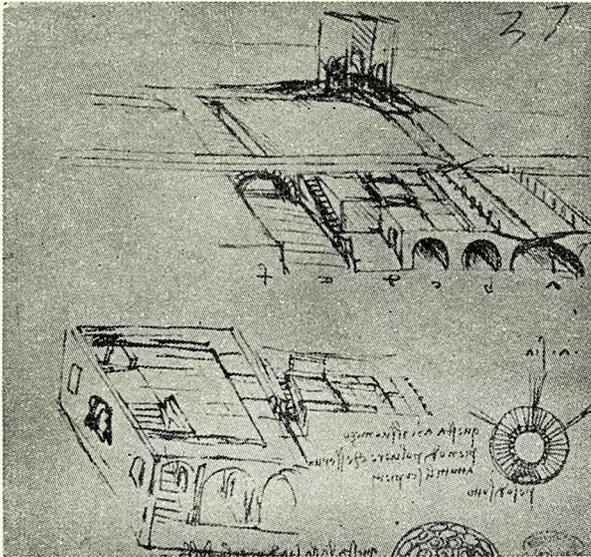
Las calles altas servirían para peatones; por las calles bajas debían transitar “para uso y comodidad del pueblo” “carros y otras cargas”. Estos carros y otras cargas dejarían las provisiones —leña, vino “y otras cosas semejantes”— a las puertas que daban sobre las calles bajas.

Por último, Leonardo estudia la disposición de los servicios higiénicos, sea públicos que privados, y dispone los conductos subterráneos para el saneamiento y el desagüe. Para tal objeto debían dejarse aberturas cada sesenta centímetros en el centro de las calles; el



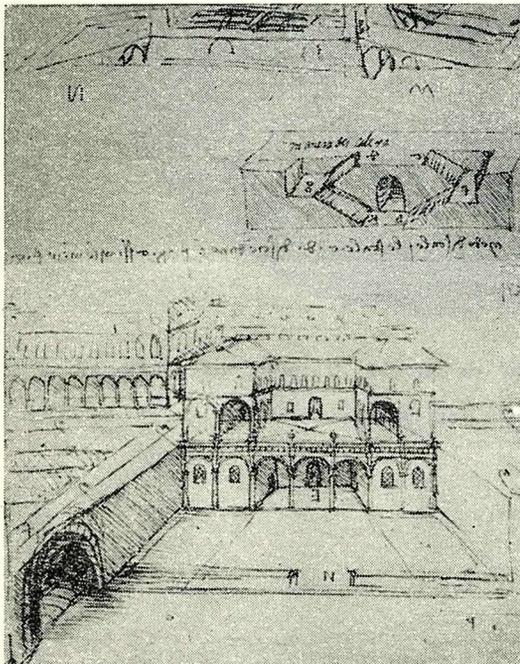
Planta de la ciudad de Imola, trazada por Leonardo.

Biblioteca Real de Windsor.



Calles de doble
nivel

B. 37 a



Escalera de acceso al
nivel superior y dispo-
sición de los dos niveles
con relación a las casas.

B. 15 b

B. 16 a

ancho de cada abertura debía ser de unos diez centímetros y el largo de sesenta centímetros, igual a su separación, para que el agua de lluvia bajara por la pendiente que formaba la calle hacia su eje y cayera en los conductos subterráneos sin inundar la calzada.

La ciudad debía ser construída cerca del mar o “un altro fiume grosso” —otro río caudaloso— para que los residuos fuesen arrastrados por el agua y llevados lejos (B. 15 b) (B. 16 a)

Además, la altura de las casas debía ser igual al ancho de la calle: “tanto sia larga la strada quanto é la universale altezza delle case”; de lo cual se deduce que Leonardo proponía una altura uniforme de 12 metros —lo que correspondería a tres o cuatro pisos— para los edificios de su ciudad ideal. (B. 36 a)

Una variante que le pareció conveniente para el mayor aseo consistió en substituir las calles bajas por canales de 30 brazas (18 metros) de ancho. Los canales serían alimentados por el agua de algún río cercano y debían servir para el transporte de víveres y cargas pesadas, para lo cual las derivaciones de los mismos canales penetraban dentro de los subsuelos de los edificios.

Pero —dice refiriéndose a este proyecto— si se quiere que “esta cosa” tenga resultado, es necesario que las crecientes del río que alimenta a los canales no inunden los subsuelos, y el modo de conseguirlo “está indicado a continuación”.

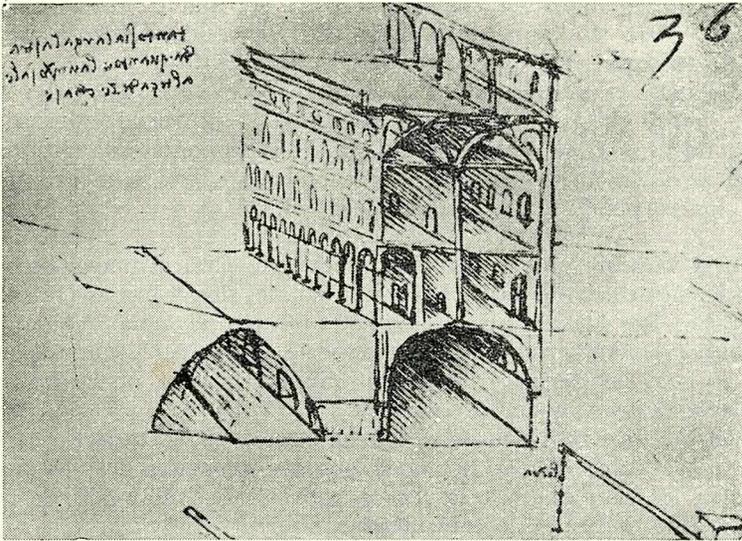
El modo indicado por Leonardo consistía en construir una represa cerca de la ciudad “o mejor algo retirada para que los enemigos no la deshagan”; y aconseja elegir para la alimentación de los canales un hermoso río —“un bel fiume”— de aguas límpidas, “como el Tesino, el Adda y muchos otros”. (B. 27 b)

Más tarde, cuando residía en Francia, vuelve a aconsejar que el canal que, según su proyecto, debía pasar por la ciudad de Romorantin, no recibiera agua turbia y que se construyeran fuentes en todas las plazas. (Br. M. 270 b).

Se podrá apreciar mejor la importancia de las ideas de Leonardo cuando se recuerden las deplorables condiciones higiénicas, públicas y privadas, reinantes durante la Edad Media y la Edad Moderna, hasta tiempos muy cercanos a nosotros.

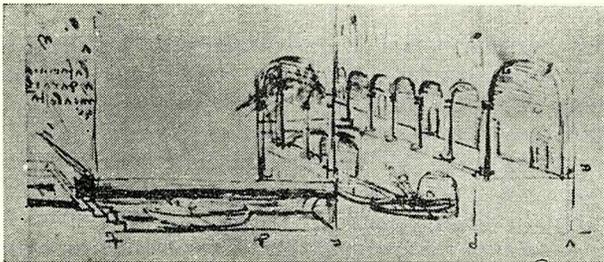
A este propósito, el Dr. Varrón cita las eternas quejas acerca de las inmundicias y del agua del estiércol que corría por las calles y cuyo olor nauseabundo desagradaba el vecindario. “Todavía a fines del siglo XVIII —termina diciendo el Dr. Varrón— se arrojaban animales muertos en la vía pública, e inmundicias de toda especie eran vertidas desde las ventanas, sin consideración a las cabezas y a los vestidos de los transeúntes”.

Sería de muy mal gusto detenernos en describir el desaseo imperante desde la desaparición del Imperio Romano; sólo repetiremos lo que hemos dicho en otra oportunidad: “No es conveniente —decía-



Corte transversal de una calle y del subsuelo. En la parte superior, a la izquierda: *"Tanto sia largha la strada quanto é la universale altezza delle case. (El ancho de la calle debe ser igual a la altura uniforme de las casas)*

B. 36 a



Croquis de un canal en una ciudad futura.

B. 37 b

mos— describir aquí las condiciones higiénicas de la Edad Media y de la Moderna; quien desea conocerlas puede leer la obra de Mercier “Tableau de Paris”, editada en 1787. Es proverbial la suciedad que existía en el Palacio de Versalles, especialmente en la época de Luis XIV, el “Rey Sol”; pero, sin remontarse a tiempos lejanos, Viollet-Le-Duc, el gran arquitecto francés, escribía a mediados del siglo pasado: “Nosotros nos acordamos de los olores que había expandidos en el tiempo de Luis XVIII (1814-1824) en los corredores de Saint-Cloud, *porque las tradiciones de Versalles se habían conservado escrupulosamente*”.

Habían pasado casi cuatrocientos años desde los proyectos de higiene pública de Leonardo, pero nadie había oído sus consejos.

Suele considerarse a Johann Peter Frank como el fundador de la higiene pública. Frank nació cerca de Pirmasens (Alemania) en el 1745, y escribió los cinco tomos de su obra cumbre que tiene por título “Sistema de una policía general médica” cuando era Médico de Cámara del pequeño principado de Speyer y Médico provincial y municipal del mismo principado.

En la segunda y tercera parte del III Tomo de aquella obra, al tratar de la higiene de la vivienda y de las instalaciones de uso público, aconseja la destrucción de las callejuelas y de los edificios altos existentes, substituyendo callejuelas y edificios por calles más amplias y por casas que no pasen de 3 ó 4 pisos —lo mismo que aconsejaba Leonardo— porque “en edificios muy altos —dice Frank— las emanaciones de la gran cantidad de gente que habita en ellos los hará semejar a hospitales”, y porque en calles estrechas “los miasmas se concentran y forman un nauseabundo baño de aire”. Y agrega el Dr. Frank: “si los que habitan en tal ambiente mefítico cayeran en manos de antropófagos, serían desdeñados por su sabor desagradable, de la misma manera que nosotros despreciamos los pescados procedentes de aguas cenagosas”.

En lo que se refiere a la higiene ciudadana —casi trescientos años después de Leonardo— Frank considera necesaria la construcción y mantenimiento de colectores subterráneos y de servicios higiénicos, y el desecamiento de las regiones pantanosas.

La obra de Frank, escrita entre el 1779 y el 1784, pasó inadvertida por las autoridades, y tuvieron que transcurrir muchos años antes que se pusieran en práctica los consejos del gran médico alemán.

Empero, como podrá notarse, el proyecto de la ciudad futura de Leonardo, con sus casas de 12 metros —o sea de tres o cuatro pisos que más tarde aconsejará Frank— con sus colectores subterráneos, sus calles amplias y de doble nivel, etc. es anterior de más de trescientos años —según dijimos— a la obra del Dr. Frank; y si el Doctor Frank es el fundador de la higiene moderna, Leonardo es de ella el verdadero precursor.

En la misma hoja donde aconseja que no pase por Romorantin un río que arrastre agua turbia, Leonardo expone su idea de la "mutatione di case" —del transporte de casas—. "Las casas serán transportadas y puestas en orden —dice— y esto con facilidad podrá hacerse porque tales casas se harán antes en piezas en los obradores, y después se unen las piezas en el lugar donde deben permanecer". (Br. M. 270 b).

Frente a ese proyecto de casas transportables, prefabricadas, están las grandes construcciones estables, templos, puentes y "otros edificios públicos —dice— de *membrificazioni* fijas sobre fundaciones cuya primera parte *necessarissima* es su permanencia". (Br. M. 138 a).

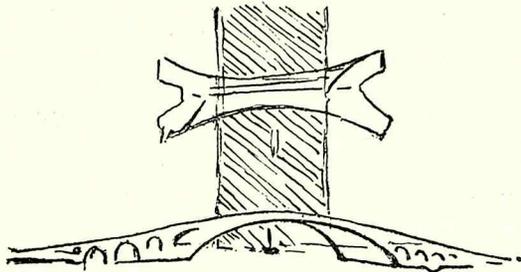
Según Leonardo, la profundidad de los cimientos en un terreno determinado debe ser proporcional al peso que los mismos deben soportar —lo que concuerda con la moderna fórmula de Rankine— porque en un terreno uniformemente estratificado, las capas inferiores son más resistentes por ser las más compactas. Y esto es debido —explica— no sólo a la presión de las capas superiores sino porque, habiendo sido las primeras en ser depositadas por los aluviones, son las más pesadas y, por consiguiente, las más sólidas y resistentes". (Br. M. 138 a)

Aconseja que las fundaciones sobresalgan de los muros y de las pilastras "y no hagas como algunos que levantan un cimiento de igual ancho hasta la superficie del suelo y le dan cargas desiguales", porque, por ejemplo, "si el pilar *b* tiene una carga mayor que el muro *e* o, comprimirá más el fondo; y, como tiende a bajar, tiende también a destacarse del muro". (A. 50 a)

En el mismo año 1502 en que traza la planta de la ciudad de Imola, Leonardo proyecta la construcción de un puente en Constantinopla. Es sabido que un brazo de agua de unos trescientos metros de ancho —al cual se le da el nombre de "Cuerno de Oro"— divide Constantinopla de sus barrios europeos —Galata y Pera— situados al Norte de la capital.

Para unir Galata y Pera con la parte Sur de la ciudad, Mohammed II había hecho construir en 1453 un puente flotante sobre toneles a través del Cuerno de Oro. Cincuenta años después, Leonardo propone substituir ese puente flotante rudimentario por un puente monumental de 42 metros de altura para que pudieran pasar debajo de él los más grandes barcos. El ancho del nuevo puente debía ser de 24 metros y la longitud total de 600 brazas, o sea de 360 metros: 240 metros de luz y 120 metros de estribos (L. 66 a).

Tampoco ese proyecto de Leonardo se puso en práctica; pero queda como demostración de su genio constructivo la introducción del arco parabólico en substitución del arco de medio punto y del arco ojival: el primero importado de Asia Menor por los Etruscos y difundido por la Arquitectura Romana; el segundo importado de Persia por los árabes y difundido por la Arquitectura Medioeval.



ogni. duqum p...
 ugn...
 oir...
 u...
 ...

Croquis para el puente en Constantinopla
 "Ponte da Pera a Gostantinopoli largo (an-
 cho) 40 braccia (24 metros), alto dall'aqua
 braccia 70 (42 m.); lungo braccia 600 (360 m.)
 cioé 400 sopra del mare e 200 posa in terra
 (estribos), faciendo di sé spalle a sé
 medesimo".

L. 66 a

Leonardo utiliza una viga armada parabólica en su proyecto de puente giratorio (C. A. 312 a) en el cual se encuentran sus dos innovaciones en las vigas de puente: el arco de parábola y las barras diagonales, barras no usadas nunca anteriormente y que Leonardo dispone en el puente giratorio citado y en otro tipo de puente de doble calzada: la superior para peatones y la inferior para caballería y cargas pesadas. (B. 23 a).

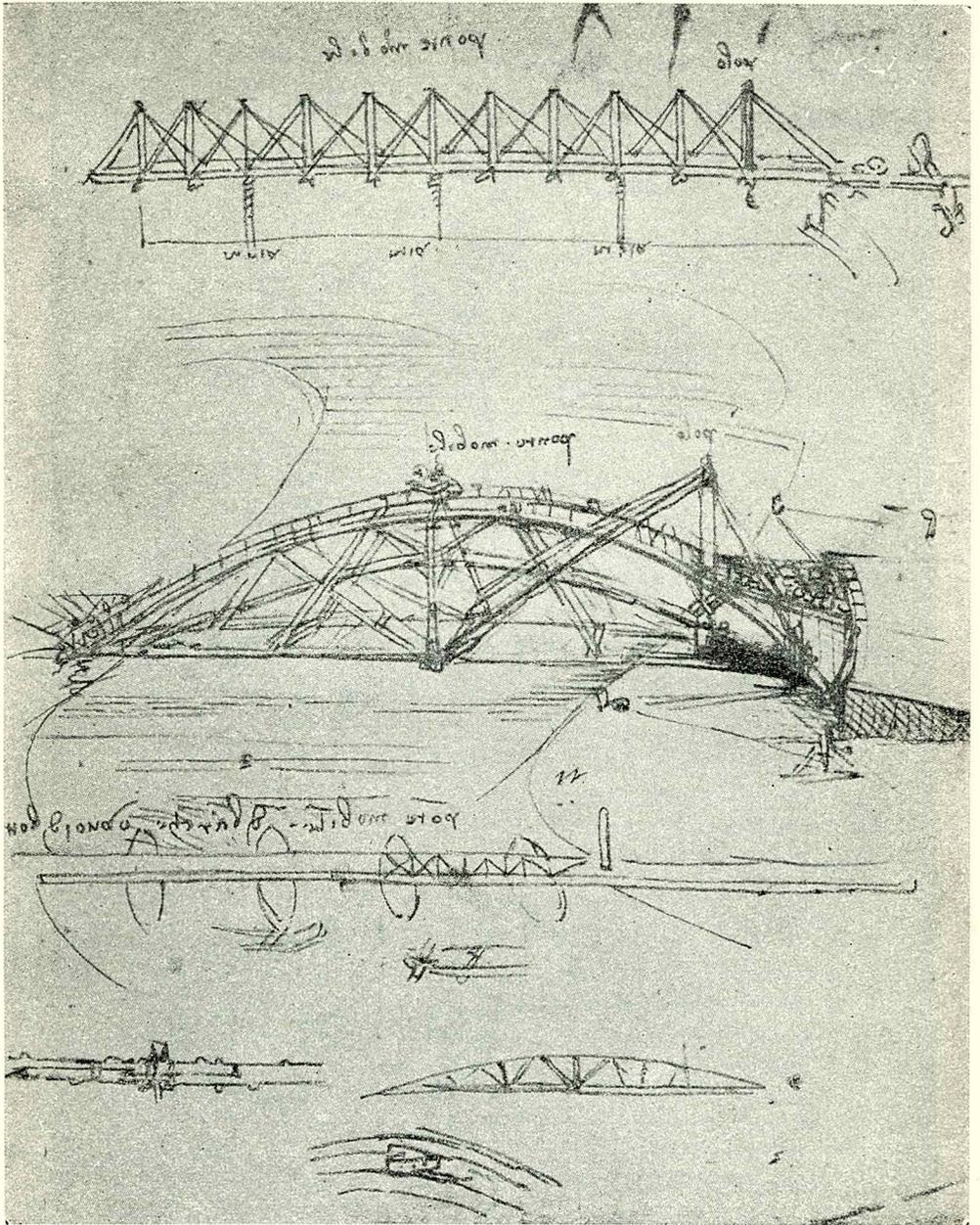
Sería muy largo enumerar los puentes proyectados por Leonardo: puentes colgantes, puentes transportables sobre rodillos, puentes flotantes, levadizos y giratorios, utilizando sistemas y procedimientos ya empleados por los antiguos ingenieros. (C. a. 15 b) (C. A. 16 b) etc. Al lado de un croquis escribe: "Modo del puente levadizo que me mostró Donnino" (M. 53 b). Donnino es el diminutivo de Donato; Leonardo se refería a Bramante (Donato D'Angeli) quien le había mostrado el modo de construir un puente levadizo; porque desde hacía muchos siglos la construcción de los puentes pertenecía, como otras construcciones, al arte del ingeniero y al arte del arquitecto.

Pero si el arte de construir puentes era ya muy antiguo, y conocido y aplicado por los más grandes arquitectos que eran al mismo tiempo ingenieros, o viceversa, Leonardo introdujo en ese arte la innovación genial del arco parabólico y de la viga armada: ambas cosas puestas en práctica recién cuatro siglos después.

Entre los proyectos de puentes, de templos, de mausoleo y de auditorium, y los de las modestas casas prefabricadas hay un sinnúmero de dibujos y de descripciones, desde los pequeños pabellones para una "villa" romántica hasta la torre que debía substituir la del Filarete en el Castillo de Milán; desde el modo de construir "*una polita stalla*" —un establo limpio— hasta los más imponentes templos de planta circular o cuadrada, o derivada del cuadrado.

Se recordará que los primitivos templos romanos eran de planta circular, figura que se conservó en los mausoleos, mientras los primitivos templos etruscos eran de planta cuadrada. Como sus lejanos antepasados, Leonardo emplea como figuras fundamentales para las plantas de sus templos el círculo y el cuadrado; y del cuadrado —cuya figura central es una cruz— traza las infinitas combinaciones de los polígonos derivados: octógono, dodecágono, etc.

Es sabido que los augures etruscos dibujaban con una pequeña vara encorvada —el "lituo"— una gran cruz imaginaria en el cielo en dirección de los cuatro puntos cardinales, y seguían dibujando otras rectas imaginarias hasta dividir la bóveda celeste en diez y seis partes iguales. Repetían después la misma figura en la tierra dibujando con el lituo un cuadrado en el suelo, lo dividían también en diez y seis partes y sus medianas indicaban —como la gran cruz que habían trazado en el cielo— la dirección de los cuatro puntos cardinales.

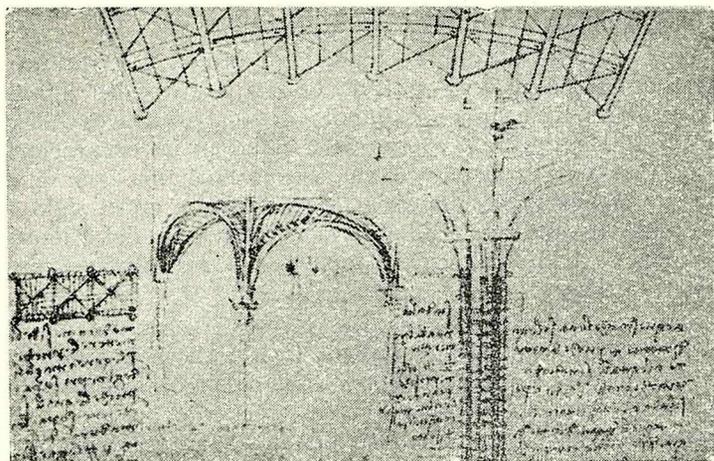


Puente giratorio "Ponte mobile"

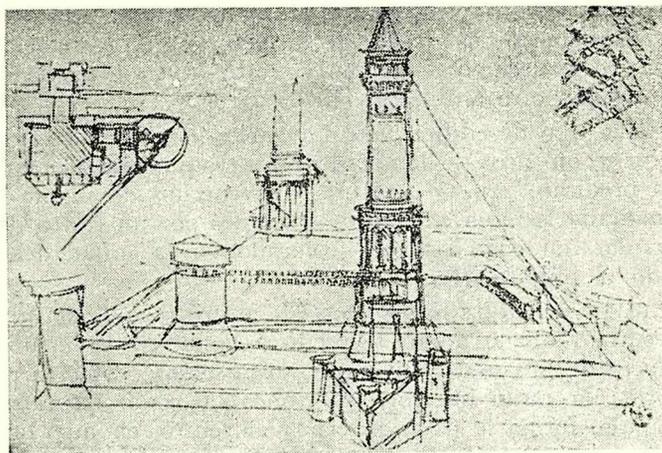
C. A. 312 a



Uniones de vigas con pilotes y variación de la resistencia según el ángulo



Detalle de armadura de una bóveda y de una columna
B. 28 b



Proyecto de torre
P. V. 39 b

Esta figura en cuyo centro había una cruz formada por las medianas era sagrada y se llamó con palabra latina "templum". Colocado en el centro del "templum", el antiguo sacerdote "con-templaba" la aparición de los pájaros que traían la buena o mala nueva, según volaran del lado "diestro" o "sinistro".

La cruz, símbolo del Sol —el poder divino o, si se quiere, el de las fuerzas de la Naturaleza— es de origen asiático; las inmigraciones indoeuropeas llevaron este símbolo de los primitivos Arios desde la India al Mediterráneo. Se recordará que en las excavaciones del Palacio de Cnosa en la isla de Creta, se encontró una cruz de brazos iguales; cruz erróneamente llamada griega, porque en el siglo XVIII a. C. —época en que fué terminada la construcción del Palacio— la isla de Creta era habitada, según Homero, por los "divinos pelagos" y no por los griegos.

El signo sagrado pasó a Etruria, y los Etruscos —rama de los Pelagos— lo utilizaron en su alfabeto para indicar la letra T, inicial de Tina, el dios supremo; y como el signo pasó al alfabeto latino, aun usamos la letra *t* en forma de cruz; recuerdo de una divinidad que desapareció del cielo cuando su pueblo desapareció de la tierra.

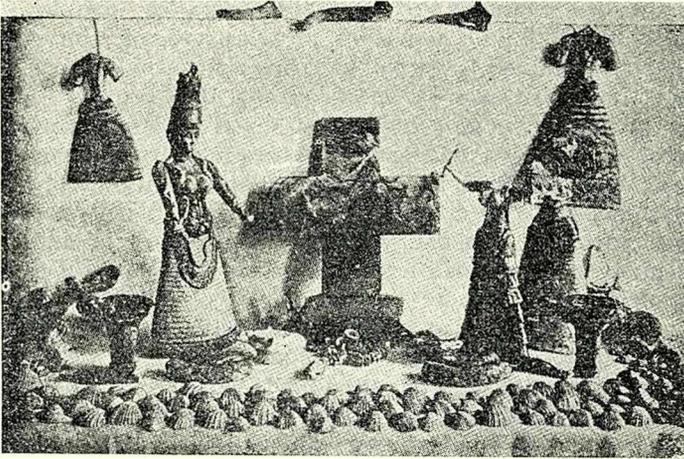
Los Romanos heredaron de los etruscos, entre otras cosas, el símbolo de la cruz, y de las tumbas de planta cruciforme derivan las iglesias cristianas de planta cruciforme, desde que en el Siglo IV San Ambrosio estableció para aquellas iglesias tales tipos de plantas.

Leonardo proyecta un templo de planta cruciforme en el cual el coro ocupa el centro y los cuatro brazos de la cruz central de un cuadrado terminan en cuatro teatros, disposición que se relaciona con las antiguas construcciones —templo y teatro— y que no ha sido seguida por ningún otro arquitecto (B. 55 a).

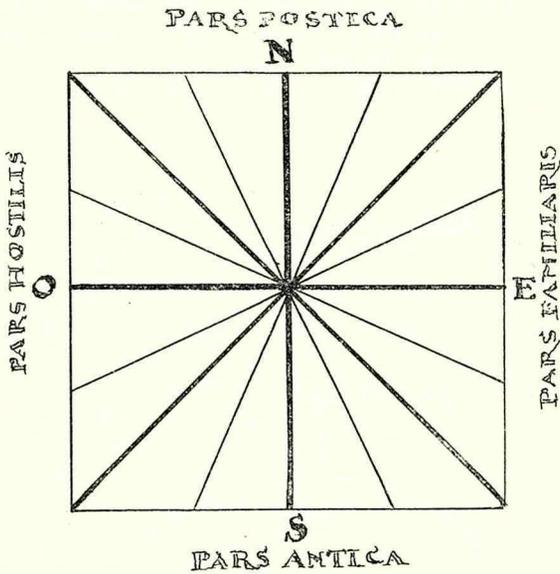
Ese nuevo tipo de edificio que Leonardo llama "teatro per udire messa" —para oír misa— deriva de otro croquis anterior para un "teatro da predicare" en el cual una construcción de planta rectangular o cuadrada termina en uno de sus lados por un teatro de planta semicircular, en cuyo centro —colocado en la mitad del lado— está situado el púlpito. (B. 52 a)

Y el "teatro per udire messa" precede a otro croquis de un "locho dove si predica" —lugar donde se predica— que representa una construcción fuera de lo común: un segmento de esfera, cubierto por una cúpula forma la parte interior; un tronco de cono, terminado por aquella cúpula, forma la parte exterior; el centro, en que Leonardo escribe "fondamento", es el lugar destinado al orador. (C. A. 264 a).

Se pasa así, insensiblemente, de la planta cuadrada a la planta circular, siempre inspirada en los antiguos edificios a los cuales Leonardo les da un carácter, diríamos, moderno, en un estilo absolutamente personal que no ha sido deducido de otro ni será seguido por otros.



Cruz de brazos iguales encontradas en las excavaciones del Palacio de Cnosa.



Trazado del "templum" etrusco

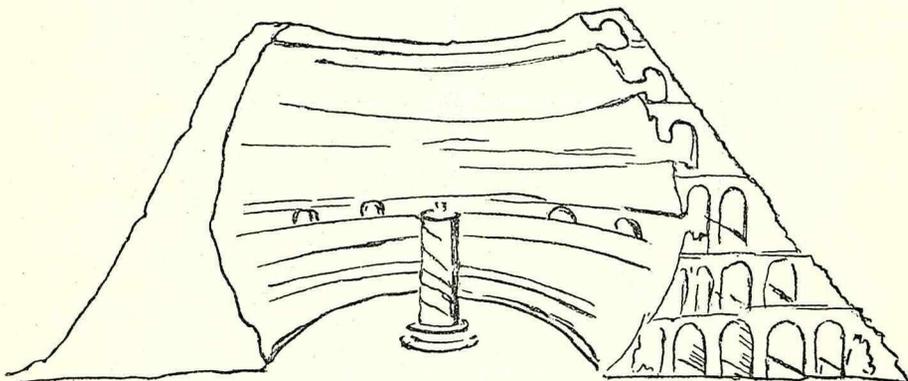
El proyecto del mausoleo que, según Geymüller, bastaría por sí sólo para colocar a Leonardo entre los más grandes arquitectos que han existido, es de planta circular como los mausoleos romanos, pero en cruz y con diagonales a cuarenta y cinco grados como los "templos" etruscos; construido en un túmulo, como los túmulos etruscos; con puertas cuyas juntas horizontales se prolongan hasta formar la parte superior del vano triangular, como la puerta etrusca de Cortona.

Imaginemos un paisaje montañoso en el cual se levanta una colina artificial en forma de gigantesco tronco de cono terminado por un templo imponente. A los tres quintos de la altura del tronco de cono, una terraza lo interrumpe; seis puertas dan a la terraza y dos escalinatas parten de ella para subir al templo que está en la cumbre. Las seis puertas dan a seis corredores y cada uno de éstos lleva a tres salas sepulcrales.

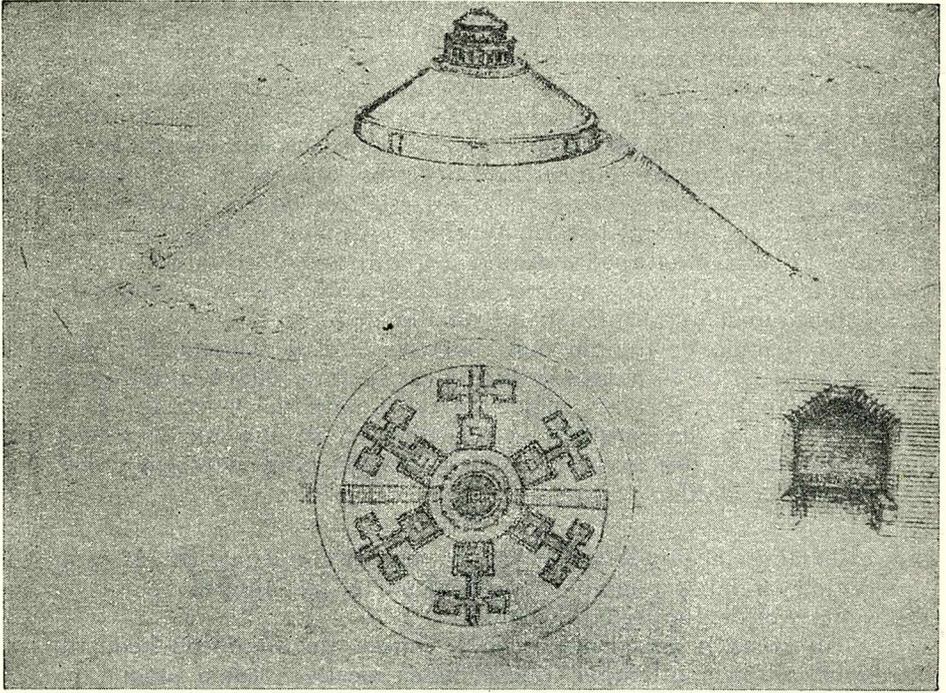
El templo está cubierto por una cúpula en cuyo centro hay una abertura circular, como en el Pantheon; desde esta abertura la luz cae sobre el altar o el monumento situado en el centro del templo.

En la parte derecha del croquis, Leonardo dibuja la sección de una galería; conviene suponer que estuviera construida de mampostería de piedra, cuya separación entre las juntas horizontales podría dar, si la conociéramos, una guía para calcular las dimensiones del mausoleo.

Si supusiéramos que la distancia entre dos juntas fuese de 30 centímetros, se tendrían las siguientes dimensiones: Altura total de la colina: 50 metros. Ancho en la base: 100 metros. Altura de la primera terraza: 30 metros. Diámetro del mausoleo: 38 metros. Diámetro del templo: 12 metros. Altura del templo: 9 metros.

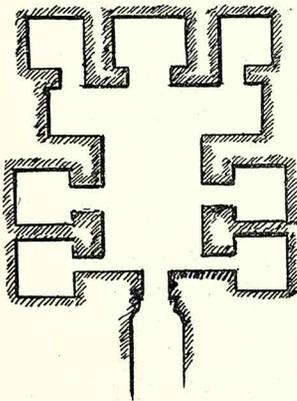


Auditorium

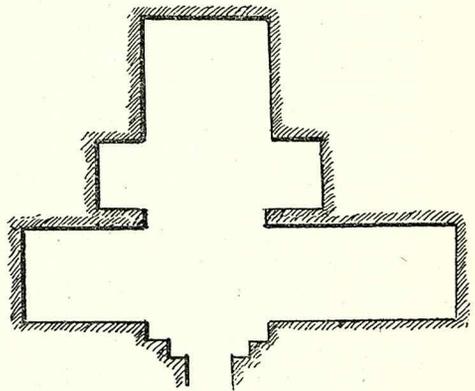


Proyecto de mausoleo

P. V. 182



Tumba de los Volumnios



Tumba del Guerrero

TUMBAS ETRUSCAS CRUCIFORMES

Como todas estas dimensiones se fundan en una supuesta distancia entre las juntas, es claro que si esta distancia fuese diferente también las dimensiones cambiarían. Pero, como con la distancia supuesta resultaría una altura de corredores de 2 metros, creemos que si ella no es exacta es suficientemente aproximada, y que, en consecuencia, las dimensiones indicadas son, con cierta aproximación, las verdaderas.

El gran mausoleo de Leonardo tiene sus "antecesores" en los mausoleos etruscos. Los etruscos, como los asiáticos de la madre patria, excavaban las colinas horizontalmente y disponían bajo tierra las celdas aisladas o agrupadas de modo que fuesen distribuídas simétricamente con relación a un eje central. Si no había una colina natural, fabricaban una artificial: un túmulo.

El ejemplo de túmulo más conocido es el de Cuccumella, gran cono artificial de 70 metros de base y cuya altura todavía alcanza a 20 metros. Por otra parte, la planta de la "Tumba del Guerrero" en la ciudad etrusca de Tarquina se relaciona en su disposición general con una de las seis secciones de la planta del gran mausoleo proyectado por Leonardo.

También el proyecto del "magno templo" octogonal de Leonardo recuerda antiguos templos, especialmente el de Júpiter Serapis en Puzoles y el de Júpiter en Spalato.

No existe, o por lo menos no se conoce, un dibujo de Leonardo relativo al "magno templo" que él había ideado, y como supone que ya lo hubiesen construído y relata una visita al mismo, debemos imaginarlo por la descripción que él hace. Transformando las medidas en brazas en sus equivalentes en metros, he aquí la descripción de ese grandioso edificio:

"Por doce grados de escalinatas se subía al magno templo cuya planta era octogonal y cuyo perímetro medía m. 475.60. Sobre los ocho ángulos había ocho grandes bases, altas m. 0,80, gruesas m. 1,78 y largas m. 3,56, con el ángulo en la mitad. Sobre estas bases se apoyaban ocho grandes pilastras altas m. 14,24, y sobre cada pilastra había un capitel de m. 1,78 de alto y m. 3,56 de ancho. Sobre los ocho capiteles corría el arquitrabe, el friso y la cornisa, con una altura de m. 2,67 y en línea recta entre una pilastra y otra. Para sostén de todo este peso se habían dispuesto diez grandes columnas en cada lado de la misma altura que las pilastras". (C. A. 285 a).

Un cálculo sencillo daría que la distancia de eje a eje de estas columnas debía ser de m. 4,323; y su diámetro, suponiéndolo igual al espesor de una pilastra —o sea a un noveno de la altura, según Leonardo — mediría m. 1,57.

En el mismo folio, en el entusiasmo por su proyecto, vuelve a repetir:

"Subíase a este templo por doce grados de escalinatas, el cual templo estaba sobre el décimo segundo grado fundado en forma octangular, y sobre cada ángulo había una gran pilastra, y entre las

pilastras había interpuestas diez columnas que se elevaban sobre el pavimento de 28 brazas y media; sobre esta misma altura se apoyaba el arquitrabe, friso y cornisa, con una longitud de ochocientas brazas y ceñía el templo". (C. A. 285 a)

Puede compararse la descripción antedicha con la planta del templo de Júpiter, construido en el 305 por Diocleciano en su palacio de Spálato, porque de dicha planta podríamos tener una idea, a escala muy reducida, del magno templo descrito por Leonardo.

No indica esta descripción el tipo de techo que cubría el grandioso edificio, y esto es de lamentar porque hubiese sido interesante conocer la disposición ideada para cubrir sin apoyos intermedios, puesto que no los menciona, un recinto de unos cincuenta metros de diámetro.

Podemos suponer que una cúpula coronaría el magno templo, ya que la gran cantidad de croquis relativos a las cúpulas y su "Trattato delle Cupole" demuestran la vastedad de sus conocimientos al respecto.

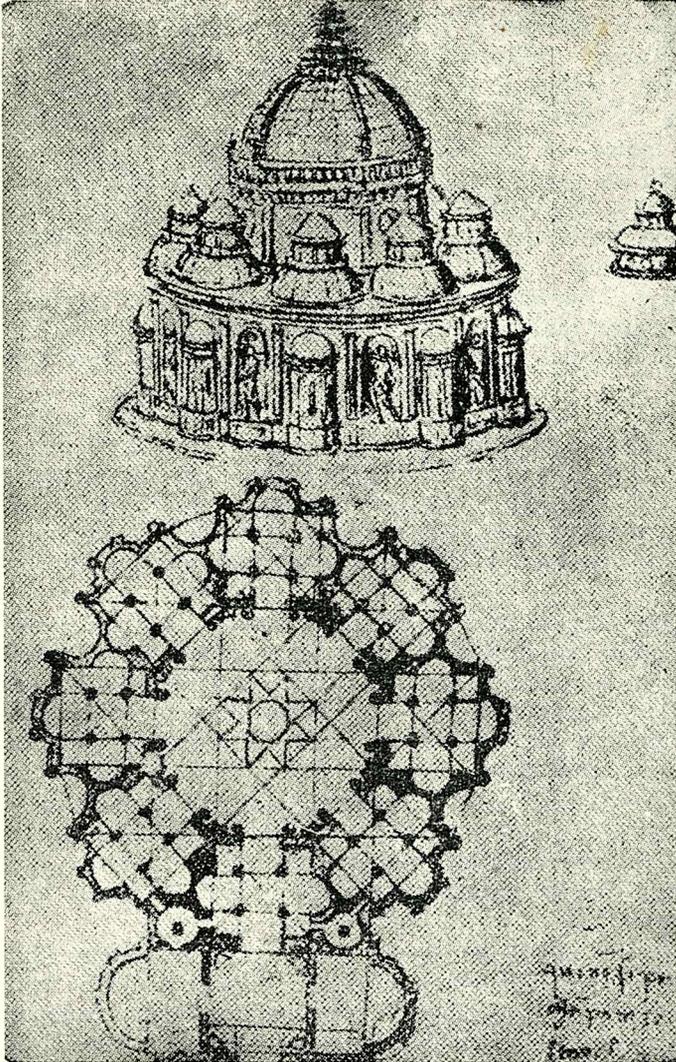
Las cúpulas de Leonardo se relacionan más con la que proyectó León Battista Alberti para el templo hecho erigir por Sigismondo Malatesta en Rímimi que con la gran cúpula de Brunelleschi. Ya dijimos que la proyectada por Alberti no fué construída nunca, pero se conoce por una medalla de Matteo Dei Pasti quien siguió la obra de Alberti.

La gran cúpula de Brunelleschi mantiene aún el desarrollo vertical del gótico, la de Alberti deriva de la cúpula del Pantheon: Brunelleschi es la gracia florentina, Alberti es la majestad romana. De Alberti, cuya aspiración era "reducir la masa arquitectónica a una música" derivan directamente Leonardo, Bramante y, casi medio siglo más tarde, Miguel Angel.

Bramante tomó como inspiración para su proyecto del templo máximo de la cristiandad la Basilica de Majencio, de planta cruciforme, basilica terminada por Constantino. "Yo tomaré la cúpula del Pantheon — decía Bramante — y la alzaré sobre la basilica de Constantino".

Y traza la planta del futuro templo tomando como figura fundamental el cuadrado, en cuyo centro dispone la cruz "griega" de brazos iguales, como trazaban el *templum* sus lejanos antepasados; y sobre los cuatro pilares en la unión de los dos brazos de la cruz proyecta "alzar la cúpula del Pantheon".

Porque si la cruz representa las fuerzas de la Naturaleza, la cúpula representa el cielo, dador de aquellas fuerzas y morada de los dioses; cubrir con una cúpula las imágenes de los dioses es humanizar lo divino, antiguo concepto itálico muy diferente del concepto oriental que tendía a divinizar lo humano.



Cúpula sobre planta circular derivada del octógono.

B. N. 2037 5b

El proyecto de Bramante es del 1503, posterior por consiguiente en quince años al dibujo de Leonardo que aparece en el manuscrito B. 18 b, a cuyo respecto dice Richter: "Si no tuviéramos la seguridad que ese dibujo pertenece a Leonardo, tentados estaríamos de tomarlo como un estudio de Bramante para la iglesia de San Pedro".

No nos detendremos a analizar la influencia de Bramante — "el más grande de los arquitectos modernos" — sobre Leonardo — "el hombre que no puede compararse con nadie" —; nosotros creemos que esa influencia ha sido recíproca, pero su análisis nos alejaría de nuestro objeto.

Las obras de Bramante están a la vista; su arquitectura y su genio constructivo se revelan durante el período lombardo en el Duomo de Abbiategrosso, en Santa María de San Sático, en el Claustro de Sant'Ambrogio y en el coro y en la Cúpula de Santa María delle Grazie en Milán; y se revelan durante el período romano en el Palacio Torlonia, en el Claustro de Santa María della Pace, en Villa Madama, en el Coro de Santa María del Pópolo, y en el proyecto de la iglesia de San Pedro en Roma.

Frente a estas obras de Bramante — una sola de las cuales bastaría para la gloria de un arquitecto — están los proyectos de Leonardo: proyecto de "ville" y de palacios, de castillos y de puentes, de escalinatas y de monumentos, de torres y de cúpulas: cúpulas sobre plantas circulares, sobre cuatro muros dispuestos según un cuadrado sobre cuatro pilares, sobre octógonos y sobre dodecágonos, porque "las partes principales que se ven en las ciudades son sus cúpulas".

Del mismo modo que la cúpula de San Pedro debía ser la obra máxima de Bramante — y lo fué más tarde de Miguel Angel — así el "tiburio" — o sea la torre central del Duomo de Milán — debía ser la obra máxima de Leonardo.

Miguel Angel construyó su modelo de cúpula hemisférica en el año 1550, a los ochenta y seis años de edad; Leonardo construyó su modelo de "tiburio" en forma de cúpula peraltada en 1487, cuando tenía treinta y cinco años. La cúpula de Miguel Angel, pesada, severa y aplastante fué construída y modificada por Giacomino Della Porta; el "tiburio" del Duomo de Milán fué construído por Giovanni Antonio Amadeo y Gian Giacomino Dolcebuono.

El modelo de Leonardo se ha perdido, y como recuerdo de esta obra que debía ser su obra magna, sólo quedan sus croquis, sus dibujos para su proyecto de líneas esbeltas que tienden hacia el cielo como en una suprema aspiración.

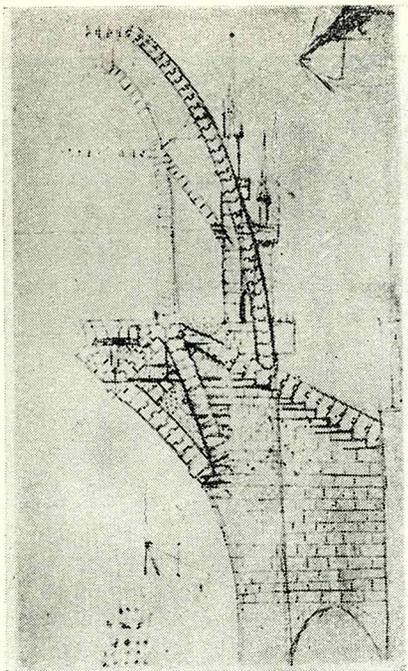
Y quedan también dos cartas referentes a ese proyecto: una de Bartolomeo Calco, secretario de Ludovico el Moro, dirigida a este último con fecha 10 de junio de 1490, en la cual dice: "Magister Leonardo Fiorentino me ha dicto sará sempre apparecchiato omne volte sii richiesto" — Maestro Leonardo Florentino me ha dicho que esta-

rá siempre pronto todas las veces que lo llamen —; y otra carta de Leonardo dirigida a los “Signori Padri Diputati” defendiendo el modelo que él presentaba.

Naturalmente los “Signori Padri Diputati” que dirigían la “fábrica” del Duomo no hicieron mucho caso ni de las palabras ni del modelo de Leonardo; y su proyecto del “tiburio” del Duomo quedó, como todos los otros, en estado de proyecto.

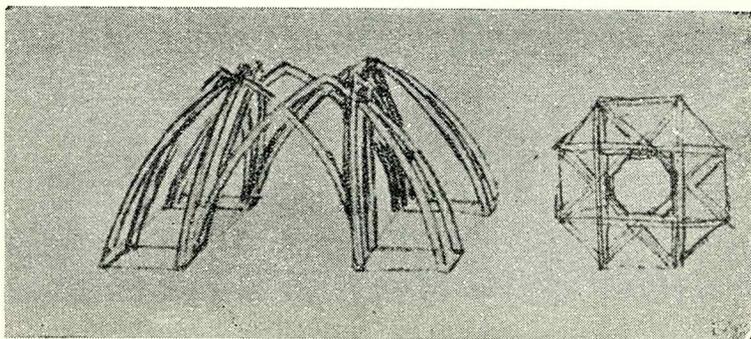
Y tal vez procedieron muy bien los Signori Padri Diputati, porque las obras más grandes son precisamente las que han quedado esbozadas, inconclusas, irreales; como quedan esbozadas, inconclusas e irreales las imágenes de ensueño evocadas por la armonía de una música lejana.





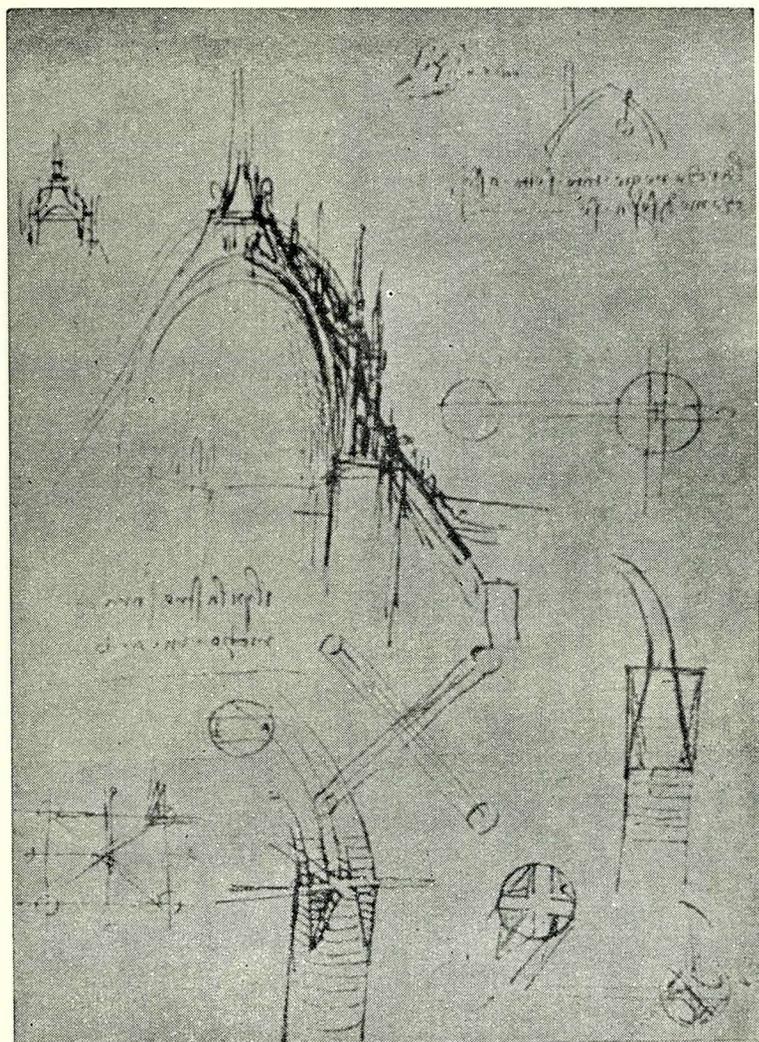
Detalle para la cúpula del
Duomo de Milán.

C. A. 310 a



Armadura de cúpula

B. 27 a



Croquis para la cúpula del Duomo de Milán

Triv. 22 b

LAS MARCAS DEL TIEMPO

Como todas las otras ramas de la Ciencia, la Historia tiene su idioma propio. El idioma de los ingenieros se expresa por fórmulas y ecuaciones, la Naturaleza les habla por medio de fórmulas y ecuaciones; en Medicina cada órgano tiene su manera de manifestarse: por el ritmo, por las corrientes eléctricas que produce y por otros síntomas, el corazón "habla" y se expresa en una forma que el médico comprende e interpreta perfectamente.

Del mismo modo, las piedras de las carreteras, los monumentos, los restos esparcidos, las estatuas, y hasta los árboles, los ríos, las montañas y los mares nos relatan en su idioma, en un idioma que es necesario conocer, el ambiente y los hechos históricos relativos a los individuos y al conjunto de individuos.

En la vida de todas las naciones siempre ha habido épocas en las cuales un individuo predominó sobre el conjunto, tanto que hasta se llegó a dar el nombre de aquél al siglo en que ha vivido. La única excepción a esta regla se encuentra en la Historia Etrusca: en el curso de los diez siglos que duró la vida de Etruria, la Historia no cita al individuo sino al "pueblo etrusco", o a la "Confederación Etrusca"; pero el espíritu de los "ilustres Tirrenos", como los llamó Hesiodo, resalta, más que de los relatos históricos, de sus obras, de las piedras de sus construcciones, de los arcos adovelados que trajeron de su primitiva patria.

Porque, si bien el arco procede de Oriente, es en Etruria donde se desarrolla sobremanera; de Etruria pasará más tarde a Roma y a través de sus acueductos, de sus arcos triunfales, de sus puertas y de sus puentes, Roma expande el arco por el Occidente.

Roma tendía a lo horizontal, pero cuando una ola de misticismo cubrió la Europa, a la solemnidad de los arcos romanos se sobrepuso la esbeltez del arco ojival que tiende hacia el cielo y que semeja a las manos unidas en la plegaria.

Y cuando, en un retorno a lo antiguo, vuelve el arco de medio punto, los nuevos artífices que descienden de los etruscos y de los romanos hacen de él su tema apasionante y desarrollan su técnica maravillosa en las teorías infinitas de arcos de medio punto, no en puentes y en acueductos sino persiguiéndose alrededor de los claustros silenciosos o superponiéndose en las torres campanarias de los templos.

Con una de sus frases escultóricas Leonardo define el arco como “una fortaleza causada por dos debilidades” (A. 50 a), porque —explica— “el arco está compuesto por dos cuartos de círculo, cada uno de ellos, *debilísimo*, desea caer; pero, oponiéndose uno al derrumbe del otro, las dos debilidades se convierten en una única fortaleza” (A. 50 a).

Para que esto suceda es necesario que los empujes producidos por ambas *debilidades* se contrarresten, porque en caso contrario será “quitada y *negada* la permanencia” y se producirá la rotura y el derrumbe del arco, en primer término en la clave, porque la clave *desea* caer hacia el centro; y en segundo término, a los dos tercios de su altura. (ib.)

Y agrega Leonardo que si las cargas fuesen oblicuas y no verticales, la rotura se producirá más fácilmente, porque si las fuerzas no caen verticalmente sobre los apoyos, “el arco poco dura”.

Para que el arco sea *permanente*, aconseja llenar los *timpanos* (*litsua ángoli*) con buen relleno hasta la parte superior (A. 50 b).

Un arco ojival —dice— no se romperá si la cuerda del extradós (*de l'archo di fori*) no toca el intradós (*l'archo di dentro*), y será tanto más débil aquella cuerda cuanto más se aleja del intradós acercándose al centro del arco. (A. 51 a).

Según los materiales que se emplean para la construcción, los arcos —dice Leonardo— se dividen en dos tipos: uno de “cantidad continua”, por ejemplo un arco de hierro; y otro de “cantidad discreta”, por ejemplo un arco adovelado de piedra. Y establece que la cantidad continua forzada para encovarla en arco “empuja por la línea por la cual *desea* volver a su posición primitiva” (Hl. 35 b), o sea según la cuerda; en cambio, el arco de cantidad discreta produce esfuerzos sobre los apoyos “según líneas oblicuas”. (Hl. 36 a).

Ambos dan lugar a empujes horizontales, empujes que se contrarrestaban con tirantes, “corde di ferro” —cuerdas de hierro. Se tenía así una técnica constructiva que Lando Bártoli, en su “Introducción a la Arquitectura”, llama de la “piedra armada”, en contraposición a la técnica moderna del cemento armado.

Es claro que mientras en esta última el hierro es incorporado al cemento, en aquella el hierro es en gran parte exterior, de modo que, en realidad, el nombre de “piedra armada” se relaciona más bien con la viga armada —en que los esfuerzos de extensión son absorbidos por hierros exteriores— que con el cemento armado.

Los tirantes de los arcos se colocaban en caliente, y en las bóvedas formaban parte de un conjunto de armaduras sólidamente unidas entre ellas y compuestas por hierros horizontales, verticales e inclinados.

“La permanencia del arco —dice Leonardo— consiste en la cuerda y en sus apoyos”. Y más adelante agrega: “La situación de la cuerda es la primera necesidad en el principio del arco y en el final de

sus piedrechos. Y se demuestra por la 2ª proposición de los apoyos que dice: La parte del apoyo que menos resiste es la más distante del arranque; entonces, siendo la parte superior del apoyo la más distante de sus fundaciones y la más distante también de la mitad del arco, es decir de su verdadero "fermanento", llegamos a la conclusión que es necesaria la colocación de la "corda di ferro" entre los extremos antedichos" (Br. M. 158 b)

"Pero si tú no quieres poner al arco su cuerda de hierro —dice después— debes hacerle tales apoyos que resistan a su empuje, la cual cosa harás así: carga los ángulos de piedras dispuestas de modo tal que sus juntas se dirijan hacia el centro del arco" (A. 49 b); y agrega un dibujo explicativo.

Dispone una serie de arcos, ojivales, de medio punto y rebajados, cargados con igual peso en la clave; supone que dos cuerdas estén dispuestas de manera que cada una de ellas tenga un extremo en un arranque y esté tendida horizontalmente, después de pasar por una polea, por otro peso colocado en el otro extremo, y pregunta: "¿Qué pesos resistirán al derrumbé de cada arco?" (S. K. M. II 92 a)

Después dibuja una pilastra en un ángulo de un octógono y escribe: "Aquí se demuestra como los arcos colocados en los lados de un octógono empujan los pilares del ángulo hacia afuera, como se demuestra en la línea *hc* y en la línea *td* que empujan el pilar *m* hacia afuera, es decir se esfuerzan para arrojarlo lejos del centro de tal octógono". (S. K. M. II 93 a).

Nos extenderíamos demasiado si enunciáramos todos los preceptos de Leonardo para la buena construcción de los arcos y las precauciones que aconseja para impedir las roturas de los mismos.

Se han reunido los manuscritos de Leonardo relativos a la Anatomía, a la Pintura, a la Teoría de las Sombras, al Movimiento del Agua, a la Teoría del Vuelo, y se han podido rehacer —aunque incompletos, porque no todos los manuscritos se conocen— algunos de los distintos Tratados que se había propuesto escribir.

No ha sucedido lo mismo con otros manuscritos; por ejemplo, el Tratado de la Arquitectura, que Benvenuto Cellini decía poseer, se ha perdido; y los manuscritos que aun quedan relativos a las roturas de los edificios esperan que alguien los reuna y componga el Tratado de las Roturas que proyectó escribir Leonardo.

"Haz en primer lugar el Tratado de las causas que producen las roturas de los muros —dice aconsejándose a sí mismo— y después el Tratado de los remedios separado". (Br. M. 157 a)

Sin embargo, no sigue el orden que se había propuesto. Así, en el manuscrito citado (Br. M. 157 a) indica como una causa de las fisuras de bordes paralelos la fundación sobre suelos formados por rocas estratificadas en capas oblicuas. El agua de filtración, penetrando entre las uniones de las capas, tiende a producir deslizamientos y,

en consecuencia, a separar del resto del edificio la parte de la construcción fundada sobre aquellas capas.

E inmediatamente después de indicar esta causa de rotura, aconseja el procedimiento para repararla, procedimiento que consiste —según Leonardo— “en construir gruesos pilares debajo del muro que tiende a separarse; unir aquellos pilares por medio de arcos robustos y fundarlos sobre capas estables que no presenten desuniones”. (Br. M. 157 a)

Para saber cuáles capas no son estables, aconseja practicar debajo del pie del muro un pozo profundo de un palmo de ancho (aproximadamente m. 0,25) cuyas paredes deberán limpiarse perfectamente hasta el fondo. Después de un cierto tiempo, si una pared de ese pozo presenta señales de humedad significa que puede haber deslizamiento e indica también hacia qué dirección se producirá, porque las filtraciones aparecerán con mayor intensidad en el lugar desde el cual proviene el deslizamiento del muro. (Br. M. 157 a).

Deriva de lo expuesto que, contrariamente a su propósito, en el mismo manuscrito se encuentra la causa de la fisura, el procedimiento para repararla y el sistema para hallar las capas sobre las cuales no conviene edificar.

Cuando las fisuras son de bordes paralelos, como en el caso ya indicado, la parte del muro que se separa del resto del edificio *dal suo rimanente*) siempre tendrá un descenso (Br. M. 157 b).

Si las fisuras no son de bordes paralelos, ellas serán, evidentemente, o más abiertas en la parte superior o más abiertas en la parte inferior. El primer caso se produce cuando la fuerza que tiende a abrir el muro es perpendicular a la dirección de la fisura; el segundo caso se produce cuando la contracción es mayor en la altura que en el ancho, como sucede en las puertas amuradas o en las paredes curvas. (Br. M. 138 a)

El muro cuya humedad no se evapora uniformemente tiende a romperse porque “lo que se humedece aumenta en proporción a la humedad adquirida, y toda cosa humedecida se contrae tanto más al secarse cuanto mayor es la humedad que de ella se aleja” (Br. M. 138 a).

Para dar una idea del tipo de prosa que según la materia que trata emplea Leonardo, traduciremos literalmente un trozo del Tratado de las Roturas que se proponía escribir y un trozo del Tratado de la Pintura.

He aquí el primero:

“Si una parte de un muro fuese edificada en contacto con un desmonte húmedo y la otra quedara en contacto con el aire, esta última se contraerá en toda su extensión, mientras la parte húmeda quedará en sus primitivas dimensiones. Contrayéndose aquélla y no contrayéndose ésta, se romperá rápidamente (*volentieri*) la parte seca

de la húmeda porque ésta no tiene coherencia para seguir el movimiento de la que continuamente se seca" (Br. M. 138 a).

Y he aquí el segundo:

"No dejaré de poner entre estos preceptos un nuevo procedimiento para el estudio que, aunque parezca pequeño y casi ridículo, es sin embargo de gran utilidad para adiestrar el ingenio a variadas invenciones. Y este procedimiento consiste en que si tú mirarás algunos muros salpicados de manchas o mezclados con piedras cuando estás ideando alguna escena, descubrirás en aquellas manchas o en aquellas piedras semejanza de paisajes adornados de montañas, ríos, rocas, llanuras, grandes valles y colinas diferentemente dispuestas; y además verás batallas, figuras en acción, extrañas vestimentas, rostros extraños e infinitas cosas que podrás reducir en formas buenas y completas. Y en estos muros acontece lo mismo que en el tañir de las campanas en cuyos sonidos te parece oír el nombre o las palabras que te imaginas". (B. N. 2038.22 b)

Compárese los dos trozos, véase a Leonardo observando un viejo muro como ingeniero y como pintor, y es fácil notar la forma incisiva, diríamos "catedrática" con la cual enseña en el primer caso y la manera delicada, imaginativa, que emplea en el segundo.

Hemos dicho que Leonardo es el verdadero creador, antes que Galileo, de la prosa científica, la prosa cerrada, incisiva, "matemática" tan querida por los ingenieros. Y he aquí otro ejemplo de la misma, extraído también de los manuscritos relativos a las roturas:

"Las grietas pueden ser verticales u oblicuas. Las grietas verticales pueden producirse en la unión de los muros nuevos con los antiguos, aunque estas uniones se hagan con redientes y no directamente, porque muchas veces estos redientes no pueden resistir al *insoportable* peso del nuevo muro que se asienta más o menos, según la cantidad de mezcla interpuesta entre los sillares y según la consistencia de esta mezcla" (Br. M. 158 a).

Seguiremos un poco más a Leonardo en sus deducciones y en sus razonamientos para apreciar la nitidez y la claridad de los mismos. Al aconsejar que se comience a recubrir con revestimientos los grandes muros le piedra sólo cuando estén perfectamente secos y cuando ya se haya producido el asiento de los mismos, dice textualmente:

"Si así no se hiciere, se romperían las uniones por tener el muro un asentamiento mayor que el que tiene el revestimiento; porque, siendo las piedras de este último de mayores dimensiones que las del muro, la cantidad total de mezcla que se ha interpuesto entre aquéllas es menor y, en consecuencia, se asentarán menos" (Br. B. 158 a).

Continuando con el peligro de grietas que pueden ser producidas por los diferentes asentamientos, advierte que si a un muro ya existente hubiese que aumentar la altura y el espesor, podrá producirse una fisura vertical en la unión del muro nuevo con el antiguo;

porque mientras una parte de éste puede descender libremente, el descenso de la otra parte es impedido por el muro antiguo sobre el cual se apoya. (Br. M. 158 a)

En el prólogo de la carta citada en el capítulo anterior, y dirigida por Leonardo a los Signori Padri Diputati, con la cual presentaba y defendía su modelo de "tiburio" para el Duomo de Milán, —del cual modelo hacía resaltar en la misma carta "la simetría, la correspondencia y la conformidad con el comenzado edificio" — Leonardo comparaba un edificio en ruinas con un cuerpo enfermo.

"Vosotros sabéis —dice a los Signori Padri Diputati— que las medicinas, siendo bien usadas, devuelven la salud a los enfermos; y quien bien las conoce bien las usa cuando sabe qué es el hombre, qué es vida, complexión y salud; porque, conociendo estas cosas, sabe sus contrarias y es más capaz de reparar el mal.

"Esto es también lo que necesita el edificio enfermo. El edificio enfermo necesita un médico arquitecto que sepa bien qué es edificio y de cuáles reglas deriva el recto edificar; cuál es el origen de estas reglas, en cuantas partes se dividen, y cuáles son las causas de la estabilidad de un edificio, cuál es la naturaleza del peso, cuál el deseo de la fuerza, de qué modo ambos deben unirse y cuáles son los efectos de esta unión" (C. A. 270 a).

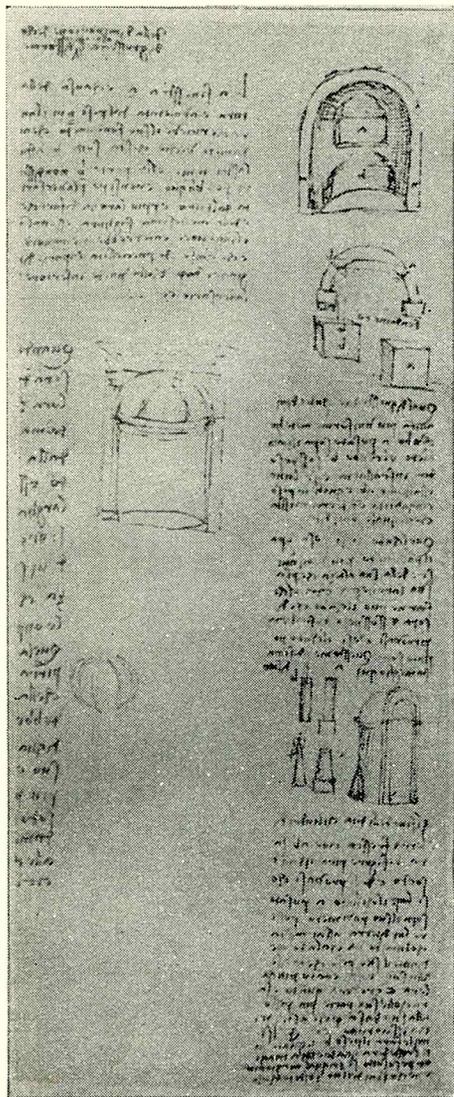
No fue Leonardo el primero en comparar un edificio en ruinas a un cuerpo enfermo, porque hay épocas y lugares en que el amor a las obras de la Naturaleza y de los hombres hace otorgar un alma y un cuerpo sensible a todas las cosas. Otros, antes de Leonardo, habían hecho la misma comparación; por ejemplo, León Battista Alberti en "De re aedificatoria" (Lib. X) y en "Filarete" (Lib. XV), y Francesco Di Giorgio Martini en su "Architettura Civile e Militare" (Lib. IV).

Pero si Leonardo no fue el primero en establecer esta comparación, fue el primero y el único que estableció los fundamentos de un Tratado sobre las roturas de los edificios y sobre la forma de repararlas.

Los trozos que se conocen de este Tratado contrastan, o parecen contrastar, con las obras geniales de quien es más comunmente conocido por sus figuras de sonrisas angelicales y por sus paisajes paradisiacos que por sus preceptos constructivos. Parecería por las palabras que emplea y por el tema que trata que no fuese el autor del *San Juan Bautista*, de la *Anunciación* o de la *Gioconda* quien estudia las grietas de los muros, el modo de evitarlas y el procedimiento para repararlas.

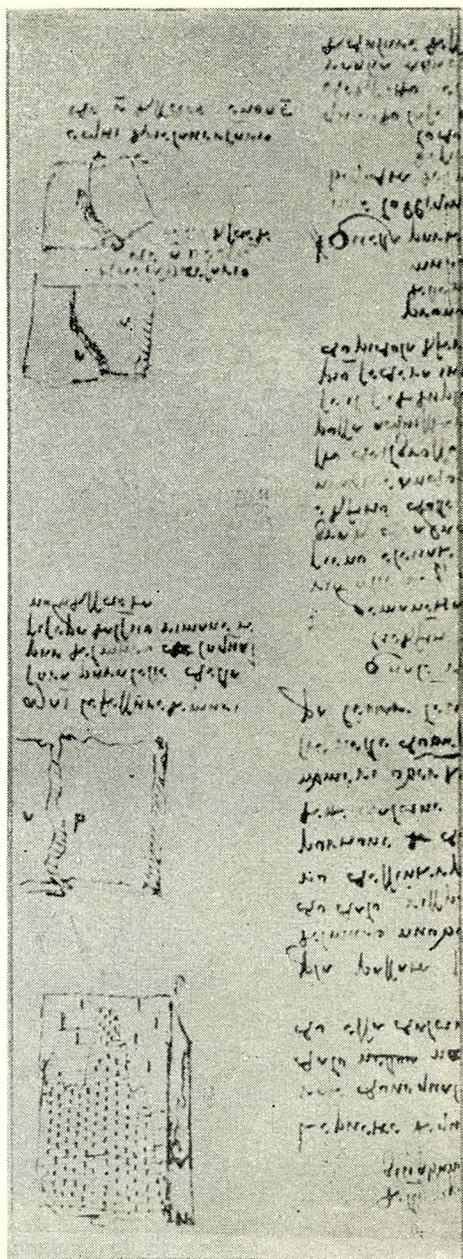
Y, sin embargo, ese contraste es sólo aparente, esa doble personalidad no existe, porque quien como Leonardo encuentra el alma de las cosas y otorga vida a lo insensible, para quien como Leonardo las cosas sienten, aman, sufren y desean, le es dado también obser-

LAS MARCAS DEL TIEMPO EN LOS MUROS

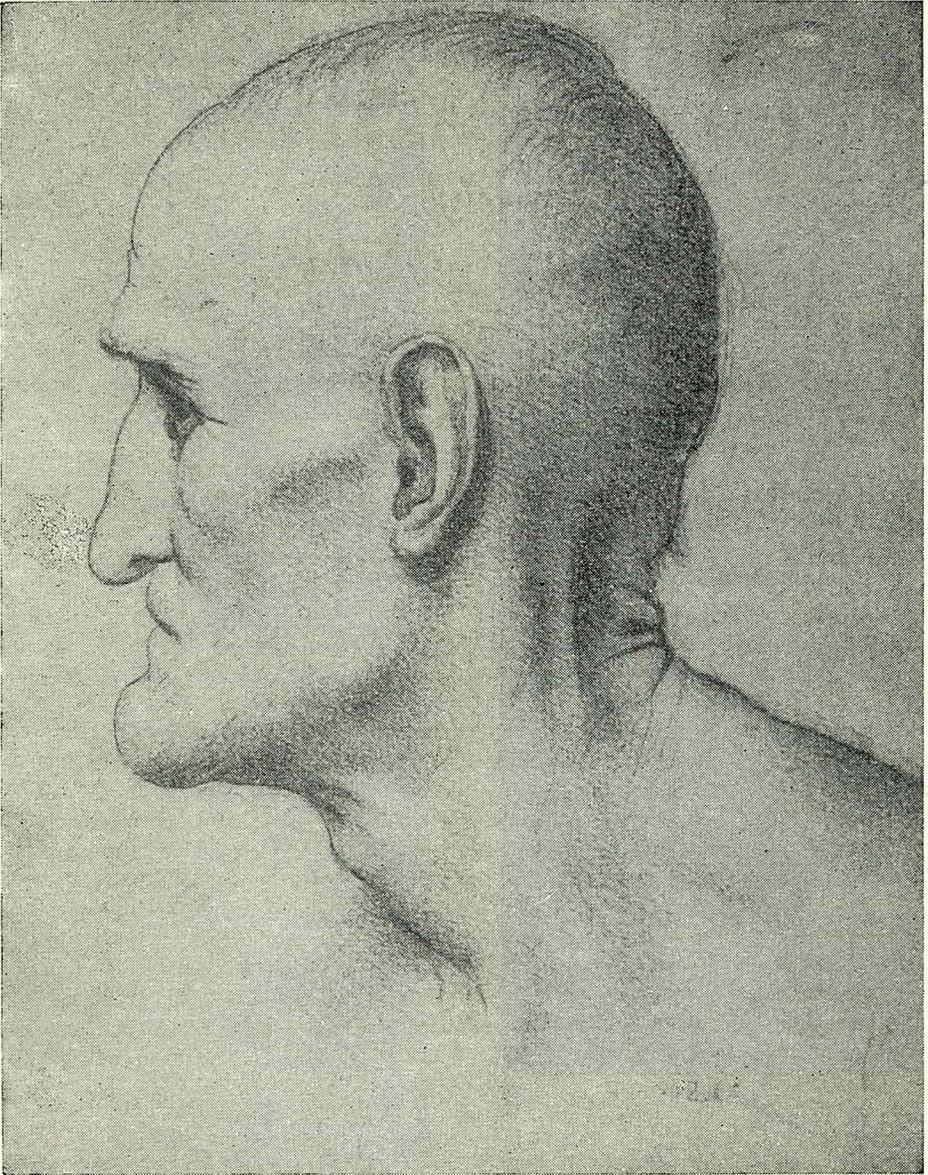


Estudio de roturas
Br. M. 157 b

Estudio de roturas provo-
cadas por asentamientos.
Br. M. 141 b



LAS MARCAS DEL TIEMPO EN LOS HOMBRES



Cabeza de anciano. Estudio para la "Cena".

W. 12550

var y estudiar las injurias del tiempo tanto en los seres vivientes como en las cosas inanimadas, tanto en los hombres como en las obras de los hombres.

Y hay una íntima relación entre el estudio de las señales que marca el tiempo en los rostros de sus figuras de ancianos y en los muros de los viejos edificios, en las arrugas de unos y en las grietas de otros. Unos y otros han pasado a través del tiempo, y el tiempo les ha dejado las señales para que las generaciones siguientes puedan leer en ellas el relato de una vida.

Todos los días, dijimos en otra oportunidad, los ingenieros hacen nacer un pedazo nuevo de mundo: un muelle, una carretera, un puente, una casa. Porque las obras de los hombres nacen, viven, enferman y mueren como los hombres; y si cuando enferman necesitan —según Leonardo— un médico arquitecto, cuando mueren un disector arquitecto descubre en sus restos el estado de sus órganos.

En 1503 Leonardo hace dos disecciones: la de un anciano y la de un niño. Y he aquí como empieza a relatarlas:

“El anciano pocas horas antes de su muerte me dijo que sobrepasaría los cien años y que no sentía ningún malestar, excepto debilidad; y así, permaneciendo sentado en una cama del Hospital de Santa María Novella de Florencia, sin otro movimiento ni señal alguna de accidente, pasó a mejor vida. Yo hice la anatomía para ver la causa de tan dulce muerte, y la encontré en la falta de sangre en la arteria que nutría el corazón y los demás miembros inferiores, los que encontré muy áridos, secos y extenuados. Y describí esa anatomía muy fácil y diligentemente por estar privado aquel cuerpo de grasa y humores que mucho dificultan el conocimiento de las partes. La otra anatomía fué de un niño de dos años en el cual encontré todas las cosas contrarias a las del anciano... (B. 10 b).

Ocho años después, en 1514, visita el puerto de Civitavecchia, hace la “anatomía” de las antiguas obras y he aquí como las describe:

“Largo, brazas 4; ancho, brazas $2\frac{1}{2}$; espesor, brazas $2\frac{1}{4}$; y así son las piedras que están frente al muelle del puerto de Civitavecchia. Fondo empedrado de mortero pulido.

“A es ancho 10 y largo 12, y profundo media braza, construído con capas de tufo endurecido, esponjoso y duro, o sea tenaz y que no se pulveriza. Y la superficie de este cemento está bien revocada con un mortero perfecto de cal y arena. Después la media braza de concavidad fué llenada completamente con granza gruesa y dura; sobre la granza se colocó una capa de mortero y pequeños pedazos de ladrillos en un espesor de un tercio de braza; y sobre esta capa se dispuso un mosaico con varios dibujos de hojas y grupos de piedras de distintos colores.

“Y éstos son los pavimentos de las salas imperiales, construídos sobre el muelle del puerto; y delante de las salas había pórticos con

gruesas columnas a las cuales se amarraban los barcos, y delante de dicho pórtico había nueve escalones hasta el agua, con una altura total de tres brazas" (C. A. 63 b).

Es imposible describir en forma más sucinta y más "viva" una construcción que ya no existe. El geólogo que leía en las conchillas fósiles el pasado del planeta, el anatomista que parece hacer revivir el cadáver que disecciona es ahora el arqueólogo que describe "fácil y diligentemente" un edificio del cual sólo se ven algunos restos.

Ya no es el médico arquitecto del edificio enfermo, es el anatomista arqueólogo que no se concreta a la descripción escueta, mecánica; es el Maestro que hace resurgir ante un auditorio atento los pórticos, las columnas, las salas, los mosaicos, las piedras del puerto de Trajano, los escalones "que llegaban hasta el agua"; es el gigante que borra las marcas del tiempo y nos muestra la vida exuberante de un gigantesco pasado.



IV

EL FRUTO MATEMATICO

LAS MAQUINAS DE PAZ

En la primera década de nuestro siglo apareció como una explosión una doctrina artístico-literario-filosófica; era una doctrina nueva que proclamaba la destrucción del pasado, el culto a la fuerza, a la velocidad y a las máquinas, y se llamaba "futurismo".

"Nosotros —decía el manifiesto futurista publicado el 20 de Febrero de 1909 y comentado extensamente por la gran prensa mundial— nosotros proclamamos que el esplendor del mundo se ha enriquecido con una nueva belleza: la belleza de la velocidad. Un automóvil de carrera con un cuerpo adornado de gruesos tubos semejantes a serpientes de alientos explosivos, un automóvil rugiente que parece correr sobre metralla, es más hermoso que la Victoria de Samotracia".

"Nosotros queremos destruir los museos, las bibliotecas, las academias, cementerios de esfuerzos vanos, calvarios de sueños crucificados, registros de impulsos truncados".

"Cantaremos la vibración nocturna de arsenales y astilleros bajo las violentas lunas eléctricas, las estaciones glotonas devoradoras de serpientes humeantes; las usinas colgadas de las nubes por los retorcidos hilos de sus humaredas; los puentes de saltos de gimnasta lanzados sobre la cuchillería diabólica de los ríos asolados; los buques aventureros olfateando el horizonte; las locomotoras de amplios pectorales que piafan sobre los rieles, como enormes caballos de acero embridados en largos tubos; el vuelo deslizante de los aviones cuyas hélices tienen movimiento de banderas y aplausos de muchedumbre entusiasta".

Y la proclama —firmada por un poeta italiano que se llamaba F. T. Marinetti, y escrita en francés "como todo manifiesto que se respeta" según dijo Ruben Darío— continuaba en el mismo tono y con la misma velocidad e ímpetu.

Naturalmente no vamos a transcribirla íntegra y mucho menos comentarla; sólo hemos citado algunos párrafo para demostrar que toda exageración tiene como consecuencia otra exageración en sentido contrario: el neoclasicismo y el romanticismo decadente provocaron una reacción caracterizada por el desprecio hacia la belleza clásica y por la substitución del sentido de la belleza clásica por el de las máquinas y de la velocidad, expresado en forma tan violenta que en lugar de futurismo resultó una vuelta a lo primitivo.

La proclama ha sido olvidada, pero ha hecho escuela con los resultados que están a la vista y que son una señal evidente que el antiguo adagio "in medio virtus" no corresponde a la naturaleza humana de la época moderna.

La belleza está en todas partes, en la calma y en la tempestad, en la sonrisa del niño y en la furia del huracán, en el canto del ruiseñor y en el rugir de la máquina. Hay belleza en los rostros que miran desde las profundidades del tiempo en las salas de los museos, y hay belleza en los monstruos de acero que mueven sus brazos titánicos en las salas de las usinas.

Y no era necesario llegar hasta el siglo XX para encontrar la belleza en las máquinas, tan criaturas del hombre como pueden serlo un cuadro o una estatua. Porque hace doscientos años que Juan Bautista Vico escribió que si el hombre es una creación de la Naturaleza, la máquina es una creación del hombre; y si Dios es el artífice de la Naturaleza, el hombre es el Dios de las máquinas.

Y tampoco era necesario que los futuristas modernos proclamaran con tanta violencia de palabras la belleza de las máquinas, porque cuatrocientos años antes, con mayor serenidad que los futuristas modernos, Leonardo había glorificado las máquinas, criaturas del hombre.

De ese "paraíso de las Ciencias Matemáticas" que es la Mecánica, Leonardo obtiene con las máquinas el "fruto matemático" (E. 8 b); y la pasión por las máquinas aparece en todos sus escritos. Las aves son para él "*instrumentos* que actúan según leyes matemáticas" (C. A. 161 a); el cuerpo humano es "una maravillosa máquina" (W. 19001 a); la Tierra es "una máquina" (Leic. 17 b). El pintor, el filósofo, el anatomista, el geólogo, el arquitecto, el músico, el naturalista, desaparecen y aparece el mecánico para quien los cuerpos orgánicos y los cuerpos organizados —Tierra, pájaros, hombres— son máquinas.

Porque "máquina" es todo lo que tiene movimiento, y el movimiento es la vida. (H. 141 a)

Los primeros pasos de Leonardo adolescente son los de un futuro ingeniero. "Hizo dibujos de molinos —dice Vasari— ruedas a palas y mecanismos que pudieran moverse por la fuerza del agua. Y todos los días hacía modelos y dibujos para transportar con facilidad, horadar montañas y pasarlas de una llanura a otra; o por medio de tornillos, palancas y arganos demostraba poder levantar y arrastrar grandes pesos; y manera de dragar puertos, y bombas para extraer agua de lugares bajos; porque aquel cerebro nunca dejaba de idear".

"Y entre estos modelos y dibujos —agrega Vasari— había uno con el cual muchas veces a varios ciudadanos ingeniosos que entonces gobernaban en Florencia mostraba querer levantar el templo de San Juan y poner debajo las escalinatas sin peligro de caída, y con tan

fuertes razones los persuadía que parecía posible; aunque cada uno de ellos, después que Leonardo se había ido, podía conocer por sí mismo la imposibilidad de tal empresa”.

Podría observarse que no era tan imposible como creía Vasari, porque se recordará que en 1455 —tres años después de nacer Leonardo— Aristóteles Fioravanti, “ingegnere di Bologna”, había transportado con sus “ingegni” la iglesia del Masone de aquella ciudad; y en el año siguiente —1456— el mismo ingeniero Fioravanti transportó la torre de la Comuna de Cento; porque los “ingegni” en Italia son mucho más antiguos de lo que suele creerse, y si la antigua Mecánica, el “ars Syracosia”, nació en la Italia Meridional e insular, la Mecánica de la Edad Media *re-nació* en la Italia Central y Septentrional.

Los proyectos de Leonardo “giovinetto” a los cuales se refiere Vasari corresponden a una época anterior al 1473, año en que se inscribió en la Corporación de los Pintores, es decir a la época en la cual, siendo todavía discípulo del Verrocchio, pintó el famoso ángel en el cuadro del Maestro, cuadro que representa el Bautismo de Cristo; y si el ángel de Leonardo nos llena de admiración, más aún debemos admirar cuando pensamos que, desde jovencito, mientras pintaba ángeles proyectaba máquinas.

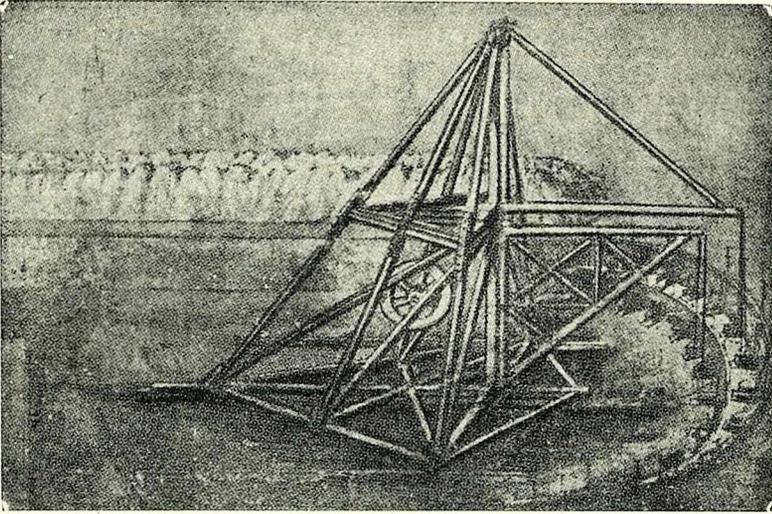
No ha quedado ninguno de esos proyectos juveniles, de modo que debemos guiarnos por la biografía de Vasari; y debemos admitir como verdadero lo que afirma Vasari porque la cantidad asombrosa de inventos correspondientes a épocas posteriores confirman aquella afirmación.

El Códice Atlántico encierra una gran cantidad de ellos, y los dibujos y los detalles son tan completos que han permitido reconstruir perfectamente las máquinas que proyectó Leonardo.

Si hojeáramos este Códice encontraríamos tales proyectos desde las primeras hojas: una máquina para aserrar piedras en C. A. 1 a y una máquina excavadora en C. A. 1 b; una máquina para hacer cuerdas en C. A. 2 a y C. A. 2 b; una trafiladora para barras metálicas, una rueda a pala; una máquina para urdir paños en C. A. 2 b.

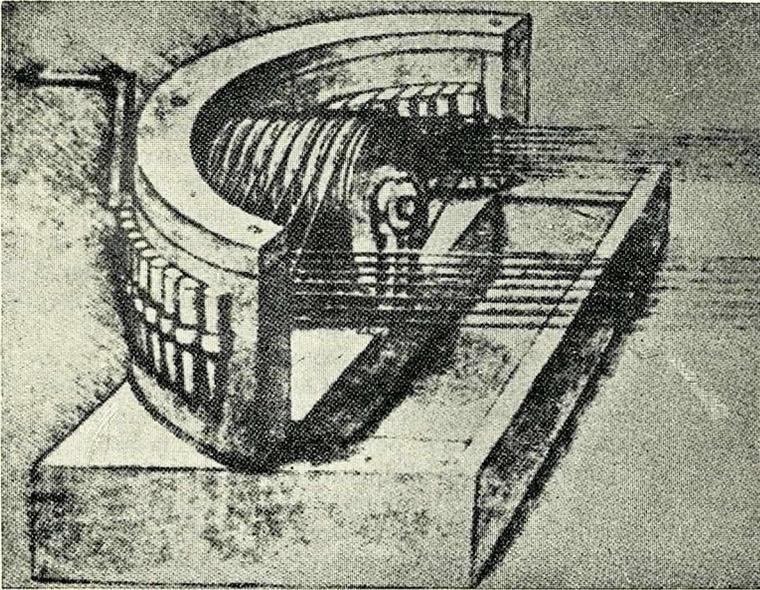
La excavadora es semejante a una moderna grúa de brazos móviles alrededor de un eje vertical; la tierra excavada es levantada primero verticalmente, después transportada horizontalmente y depositada al pie de la excavación por los brazos de la grúa. Porque, proyectada especialmente para abrir canales, la máquina tiene dos brazos que permiten excavar al mismo tiempo a dos niveles diferentes; el primer brazo tiene un vuelo de m. 10,80 y el segundo de m. 9,00; de modo que, avanzando sobre rodillos, la máquina permitía la excavación de un canal de m. 21,60 de ancho.

La máquina para hacer cuerdas está formada por 20 husos verticales, dispuestos sobre un armazón semicircular, para el hilado y el trenzado de las hebras de cañamo.



Excavadora

C. A. 1 b



Máquina para fabricar cuerdas

C. A. 2 b

La trafiladora se compone de un conjunto de ruedas dentadas movidas por una turbina que obligan a una barra metálica a pasar por un orificio de una sección determinada.

En otra hoja hay un dibujo de un asador puesto en movimiento por el aire caliente. El aire, calentado por el fuego del asado, tiende a subir; al chocar con una hélice provoca el giro de la misma y el de un asador unido a ella por un sistema de transmisión. Más tarde proyectará una hélice que al girar "*fa fémina nell'aria*" y se elevará; ahora proyecta una máquina inversa: el aire que, elevándose, hace girar la hélice, lentamente si el fuego es lento —"*temprato*"—, más rápidamente si el fuego es "*forte*"; de modo que el mismo calor del fuego regula la rapidez del movimiento.

Y en los manuscritos siguientes aparecen nuevos proyectos: una máquina para cortar hilos (C. A. 6 a); un sistema de ruedas dentadas (C. A. 8 b); taladros (C. A. 9 b); mecanismos para máquinas textiles (C. A. 11 b). Hemos citado sólo unas pocas páginas del Códice Atlántico en las cuales no está sino una mínima parte de sus inventos; pero en estas pocas páginas se encuentran por primera vez en la Historia de la Mecánica una serie de mecanismos e ideas nuevas.

Por ejemplo: la transmisión a correa en la máquina de hacer cuerdas, la turbina hidráulica en la trafiladora, la utilización de una corriente de aire como fuerza motriz en el proyecto de asador; y en todas ellas, como en todos los proyectos de Leonardo, la preocupación constante de subsistir al hombre por la máquina y la energía muscular por la energía mecánica.

Dijimos en otra oportunidad que si el movimiento es una propiedad de los cuerpos, ya que el reposo absoluto nos es desconocido, debe haber *algo* que otorgue aquella propiedad. Hallar ese *algo* no constituyó nunca una preocupación, ya que lo práctico era sólo utilizar la fuerza más "a mano" que hiciera salir a un cuerpo de su estado de reposo relativo, que lo hiciera "mover"; y como la fuerza más común era dada por los músculos, nadie pensó en buscar otra. La antigüedad, y en especial el Renacimiento, es la apoteosis del *hombre*; él es el centro de la Naturaleza y ésta ha sido creada para él —lo que concuerda perfectamente con las Sagradas Escrituras. La Naturaleza, el paisaje, vendrán después y predominarán cuando el hombre desaparece dentro de la muchedumbre.

En el Renacimiento la Naturaleza es secundaria, es el marco; quien predomina es el hombre: él pinta la Capilla Sixtina, esculpe el David, resuelve las ecuaciones, crea los fundamentos de la Dinámica y es el primer motor de las grandes máquinas, de los "ingenios".

Buscar otras fuentes de energía, eliminar o reducir al mínimo el motor muscular, el motor más comúnmente usado desde la más remota antigüedad, sólo podía ser obra de un genio que se adelantaba a su época: y ese genio fué Leonardo. "Esta máquina debe ser movi-

da por el agua — escribe al lado de una trafiladora — porque si fuese movida a mano daría poco resultado” (C. A. 2a); y en una máquina para acuñar monedas que inventó durante su estada en Roma (1513-1516) agrega la siguiente observación: “Corta las monedas con perfecta redondez, espesor y peso, y *ahorra el hombre que corta y pesa, y, además, ahorra el hombre que hace las monedas redondas*; porque pasa sólo por las manos del trafilador y del impresor y hace monedas hermosísimas” (G. 43 a).

Al proyectar el “Canale di Firenze” calcula el costo unitario (C. A. 46 a) y después escribe con entusiasmo: “regularizando el Arno se obtendrá un tesoro en cada acre...” (C. A. 289 a); y al proyectar una máquina para afilar agujas calcula el beneficio anual que ella reportaría suponiendo una producción de 40.000 agujas por hora o 480.000 agujas por día de 12 horas de trabajo. (C. A. 381 b)

Desde los Romanos — ingenieros en el sentido más moderno de la palabra — nadie había relacionado el problema técnico con el rendimiento y con el aspecto económico, fundamento de la ingeniería moderna; y al abordar Leonardo esta relación une, también con ello, el lejano pasado con el presente.

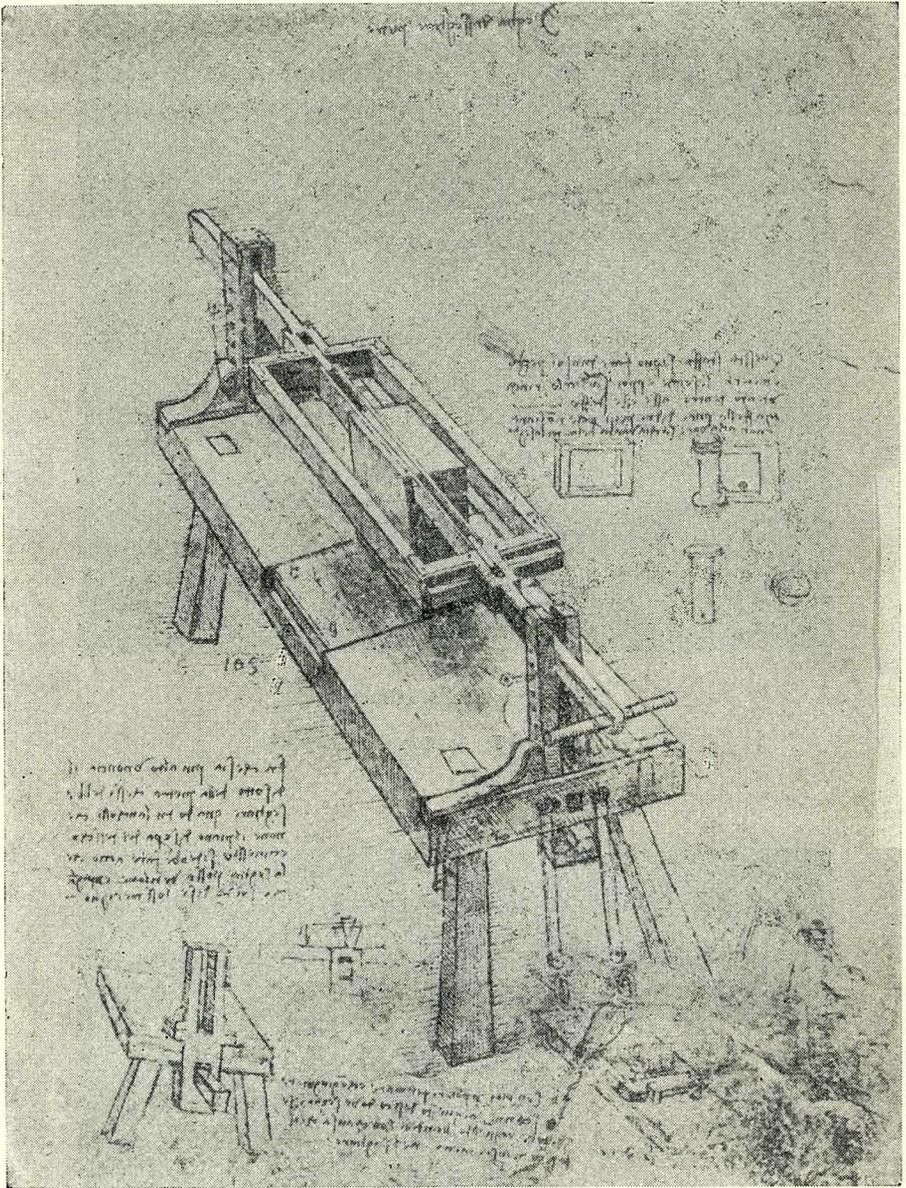
Como el motor humano es caro y de escaso rendimiento, estudia y trata de aplicar otras formas de energía: el agua, el viento, el vapor, la caída de las pesas, los resortes.

Proyecta un automóvil en el cual la fuerza mótriz es dada por la energía acumulada en potentes resortes que hacen girar una rueda horizontal que, a su vez, transmite el movimiento a las ruedas motrices (C. A. 296 b). El ingeniero Canestrini calculó que, admitiendo para ese automóvil un peso de 500 kilogramos, la carga del resorte podía permitir un recorrido de 200 metros, después del cual debía cargarse nuevamente.

Otro cálculo sencillo nos daría que si dos hombres cargaran el resorte durante el viaje, el recorrido podría efectuarse en forma continua a una velocidad de unos 1200 metros por hora en terreno llano.

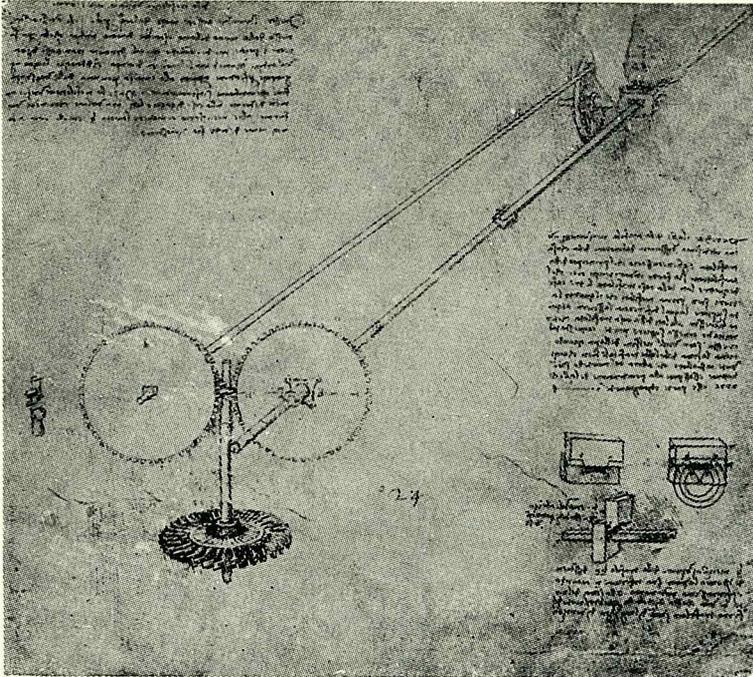
Pero lo que interesa destacar no es la velocidad, que ahora nos parece tan exigua como podrán parecer exiguas dentro de cuatro siglos nuestras actuales velocidades fantásticas; lo que interesa destacar en lo que se ha llamado “la Fiat de Leonardo” es que en este automóvil precursor se encuentra por primera vez en la Historia de la Locomoción el vehículo que no es arrastrado por el motor animal, sino que lleva sobre sí mismo un motor mecánico; y que en él se encuentra, también por primera vez, el dispositivo diferencial, tan usado actualmente y cuyo invento es de Leonardo da Vinci.

El movimiento producido por la energía acumulada por un resorte no es uniforme: la simple observación demuestra que se amortigua rápidamente. Para transformarlo en uniforme, o por lo



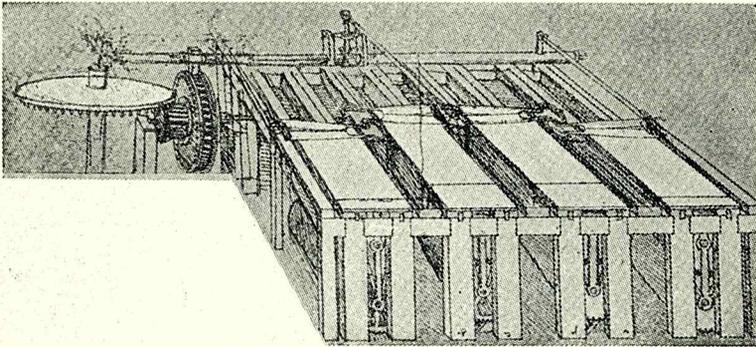
Máquina para aserrar piedras

C. A. 1 a



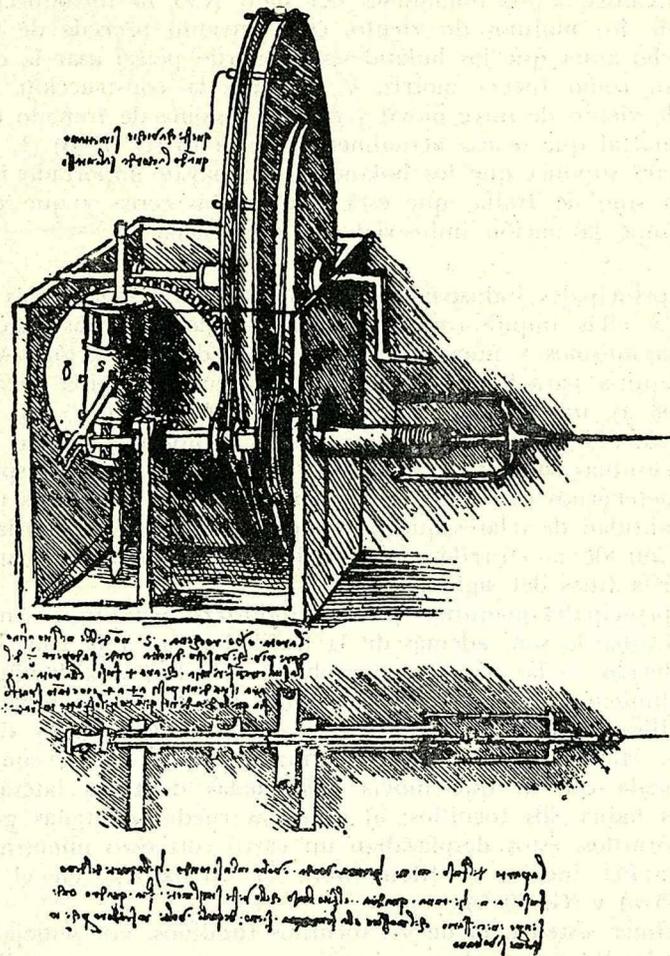
Proyecto de trafiladora

C. A. 2 a



Máquina para tundir paños

C. A. 397 a



Máquina para hilar

C. A. 393 a

menos de rápidas intermitencias, Leonardo le agrega — más de cien años antes de Galileo y Huyghens — un péndulo regulador (C. A. 375 b) como en nuestros relojes a péndulo; pero la velocidad que consigue es pequeña y prefiere otras formas de energía.

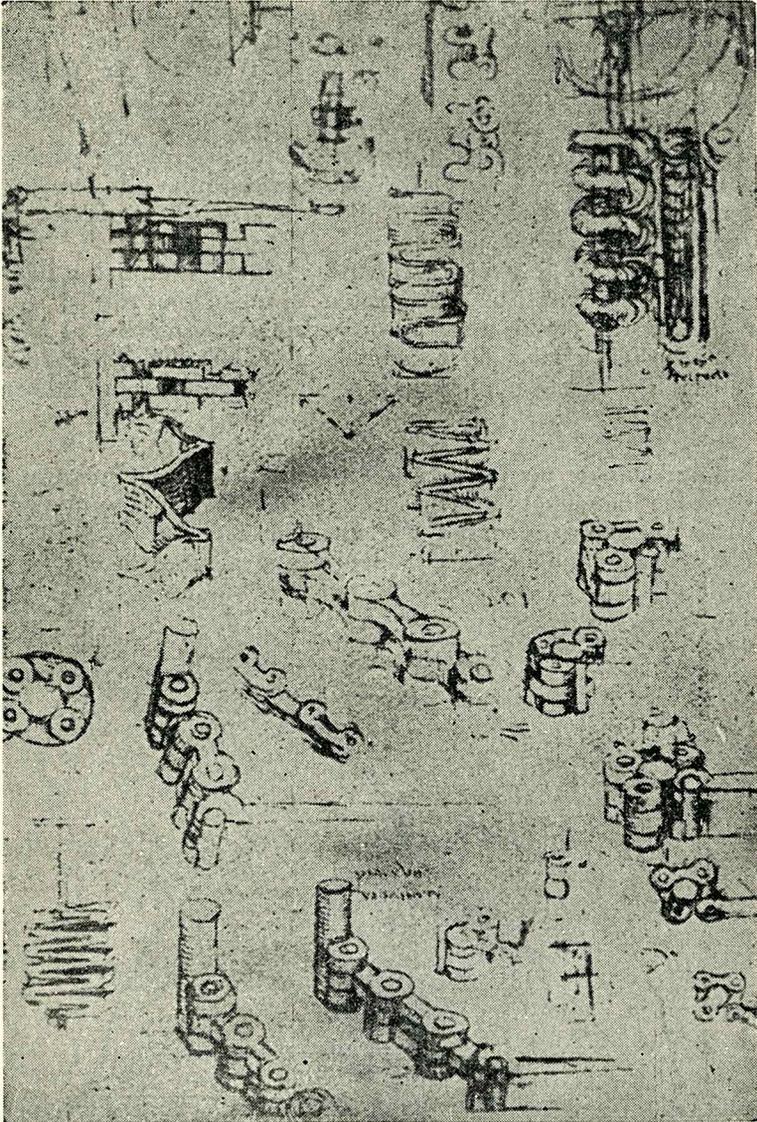
Se atribuye a los holandeses del siglo XVI la introducción en Europa de los molinos de viento, cuyo invento procede de China; pero mucho antes que los holandeses Leonardo pensó usar la energía del viento como fuerza motriz, y proyectó la construcción de un molino de viento de torre móvil y con un sistema de frenado exactamente igual al que se usa actualmente (L. 34 b) (L. 35 b) (L. 36 a); lo que hace suponer que los holandeses no hayan importado la idea de China sino de Italia, que está mucho más cerca y que era en aquel tiempo la nación industrial por excelencia.

Las principales industrias de Italia eran las textiles y las metalúrgicas, y ellas impulsaron a Leonardo a idear nuevas máquinas, nuevos mecanismos y nuevos procedimientos de fabricación. Además de la máquina para hacer cuerdas, inventa una máquina para hilar (C. A. 293 a); una máquina para urdir (C. A. 367 b) y una tundiadora (C. A. 397 a) de cuatro tijeras para uniformar el pelo de los paños; máquinas vueltas a reinventar más de dos siglos después. Y para no detenernos demasiado, no citamos entre las máquinas textiles la gran cantidad de telares que proyectó Leonardo; sólo recordaremos la invención de la corredera, dispositivo ideado por él y vuelto a reinventar a fines del siglo XVIII.

Las principales máquinas para la industria metalúrgica inventadas por Leonardo son, además de la trafiladora — a la cual ya nos hemos referido — la máquina para hacer tornillos y la laminadora. El procedimiento indicado primitivamente por Leonardo para fabricar tornillos consistía en fundirlos en moldes adecuados y después filetearlos. Más tarde ideó una máquina ingeniosa que se componía de una rueda central que movía dos ruedas dentadas laterales en cuyos ejes había dos tornillos; al girar las ruedas dentadas giraban los dos tornillos, éstos desplazaban un carro corredizo mientras otra rueda dentada incidía el filete sobre la varilla fija en el carro. (C. A. 365 a) y (G. 70 b).

El primer sistema, el de los tornillos fundidos, era semejante al usado por los Romanos; el segundo sistema — el del carro corredizo — es el que se usa actualmente.

Para obtener planchas metálicas se empleaba en el siglo XV un procedimiento sumamente primitivo; las planchas metálicas se obtenían batiéndolas hasta reducirlas al espesor deseado: sistema, como puede apreciarse, costoso e imperfecto. Leonardo inventó la laminadora de cilindros — que es la que usamos actualmente — la cual permitía obtener planchas de un espesor uniforme y con gran rapidez (I. 48 b).



Cadenas de pernos y eslabones
(Cadenas de Galle)

C. A. 357 a

de Leonardo y no hemos recordado todas sus máquinas y mecanismos: dispositivos para incidir limas, máquina para horadar tubos, sistemas para levantamiento de pesos, para centrar piezas en el torno, para cambios de movimientos, y bombas (F. 13 a), y fuelles (E. 34 a), y sierras (I. 48 b), y molinos a ruedas (G. 70 b), y sistemas de ruedas dentadas (C. A. 256 b), y motores hidráulicos (F. 88 b) e infinidad de modificaciones e innovaciones en dispositivos ya existentes.

Naturalmente no pudo escapar a los ojos avizores de Leonardo la fuerza del vapor, y —si bien no la usó para mover sus máquinas y mecanismos —quiso conocer “la cantidad en que aumenta el agua cuando se transforma en vapor” (Leic. 15 a) (Leic. 22 b). Para esto vertió agua en una bolsa de piel sin llenarla completamente; y, después de haberla cerrado, la colocó en una vasija; tapó la vasija y cargó la tapa con un peso. Después calentó el aparato y, al vaporizarse el agua, la bolsa que la contenía se infló y levantó la tapa con el peso. De esto podía deducir la cantidad de vapor que se había formado y la presión del mismo.

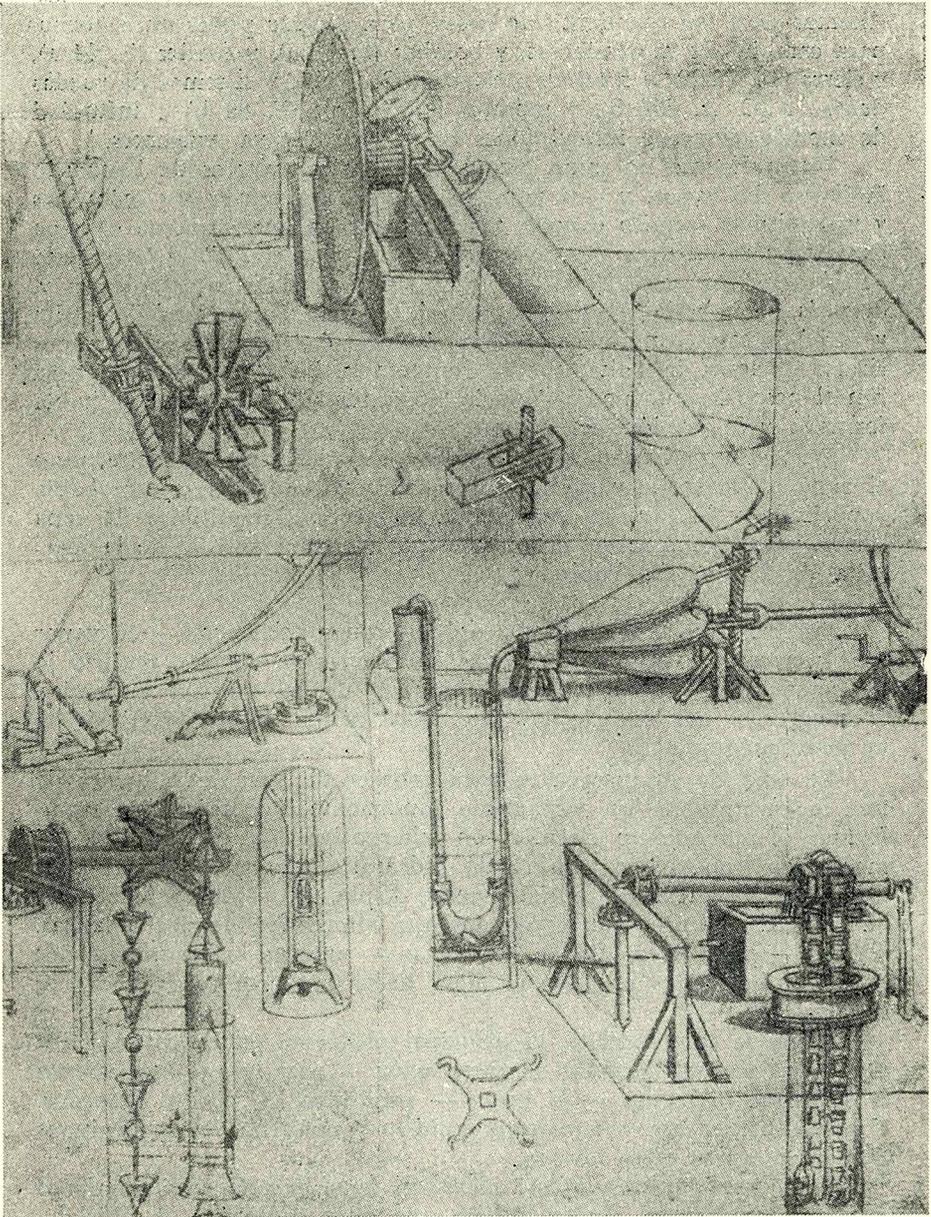
Pero el experimento no le satisfizo. Entonces quitó la bolsa, puso el agua en la vasija y midió directamente la cantidad que se había vaporizado y la presión que ejercía el vapor al equilibrar la tapa con el peso. Como se ve, el experimento era semejante al de la marmita de Papin, sin Papin.

Sin embargo Leonardo no usó — como decíamos — el vapor para mover sus máquinas; a todas las formas de energía prefirió la del agua “que mueve todos los humores de las especies animadas, la sangre vivificadora de las montañas” y “el humor vital de la terrestre máquina”.

En uno de sus proyectos, para proveer de agua a la fuente de una *loggia* dispone un mecanismo sumamente ingenioso para transformar el movimiento circular en alternativo. (C. A. 395 b). El mecanismo consiste en una rueda hidráulica que gira por la caída del agua; dos piezas convenientemente dispuestas — una a cada lado de la rueda — provocan el movimiento alternativo de dos palancas, y éstas — por intermedio de dos bielas — mueven verticalmente dos émbolos destinados a subir el agua hasta la parte superior de la *loggia*.

Como se comprenderá, el principal problema para Leonardo era el *movimiento accidental* — elevar el agua — para que el *movimiento natural* que lo seguía — la caída — produjera los efectos deseados. Y para obtener ese *movimiento accidental* modifica los mecanismos existentes e idea otros nuevos.

Así por ejemplo, proyecta elevar el agua por el enrarecimiento producido en tubos donde el aire que ellos contenían se enfriaba después de haber sido calentado; el enfriamiento, y la consiguiente rarefacción, disminuía la presión interna de los tubos y el agua ascendía por ellos. (C. A. 5 a)



Máquinas elevadoras de agua

C. A. 386 a

En el manuscrito 386 a del mismo Códice Atlántico dibuja un conjunto de máquinas elevadoras ya conocidas: norias, tornillos de Arquímedes y bombas, y les agrega dispositivos ingeniosos inventados por él. Y, de paso, conviene también recordar que los engranajes cónicos y helicoidales, tan usados actualmente, fueron inventados por Leonardo.

Para facilitar el movimiento del tornillo de Arquímedes dispone el giro de la manivela en un plano vertical y le agrega un volante y un engranaje cónico, aumentando de este modo el rendimiento.

En otro dibujo de la misma hoja el giro del tornillo, y — por consiguiente — la elevación del agua, se obtiene por medio de una rueda a paletas movida por una corriente de agua; pero, en lugar de transformar el movimiento circular de la rueda en movimiento rectilíneo, como lo había ideado en la *loggia*, la rueda a paletas mueve otra rueda de varillas horizontales; el giro de ésta provoca la de otras varillas dispuestas según las generatrices de un cono cuyo eje coincide con el del tornillo.

En un tercer dibujo el agua se eleva en una rama de un tubo acodado debido a la comprensión del aire en la otra rama, comprensión producida por un fuelle. Como el movimiento alternativo vertical del fuelle debía obtenerse, para mayor comodidad, por el giro de una manivela, para cambiar el movimiento circular de la manivela en el movimiento alternativo del fuelle dispone un grueso tornillo vertical de paso conveniente y con roscas en sentido contrario desde el centro a los dos extremos. Al girar la manivela, se enrolla una cuerda en un torno; un extremo de la cuerda mueve verticalmente una barra que termina en una tuerca; el movimiento de la barra, y por consiguiente de la tuerca, provoca la rotación del tornillo; y esta rotación causa, a su vez, el movimiento vertical de otras dos tuercas y el de los extremos del fuelle unidos a ellas.

Y, por último, en un cuarto dibujo del mismo manuscrito, el movimiento circular de la manivela de un torno es transformado en rectilíneo por un anillo interpuesto en una cuerda vertical que, después de pasar por dos poleas — una superior y otra inferior — se enrolla en el torno. El extremo de una barra horizontal, cuyo otro extremo se une al vástago de un émbolo, pasa por el anillo que, al moverse, la obliga a oscilar en un plano vertical.

Nos hemos detenido tanto en un solo manuscrito para demostrar la dificultad que habría en enumerar la enorme cantidad de dispositivos ideados por Leonardo y, al mismo tiempo, su deseo de introducir innovaciones para obtener utensilios que facilitaran el trabajo del hombre y aumentaran el rendimiento.

Y entre estos utensilios se encuentran la tan conocida, la tan común carretilla de mano de una sola rueda; uno de los medios de transporte más usados en todas las construcciones y cuyo invento se debe a Leonardo da Vinci. (B. 67 b).

Desde la carretilla de mano hasta las más potentes máquinas: martinets, dragas, perforadoras, excavadoras, puentes móviles, compuertas de esclusas, hay en los manuscritos de Leonardo toda una serie de mecanismos, dispositivos y máquinas para la construcción.

Y entre ellas deben incluirse las turbinas a reacción de eje vertical acopladas a bombas extractoras de agua para el desecamiento de los pantanos, máquinas construídas —como casi todas las de Leonardo— tres o cuatro siglos después de sus proyectos, cuando comenzó con la época contemporánea la “era del movimiento” y la “belleza de la velocidad”.

Al movimiento se oponen las resistencias pasivas, el rozamiento. Si con la misma potencia quiere conseguirse mayor rendimiento, mayor velocidad, es necesario disminuir las resistencias pasivas.

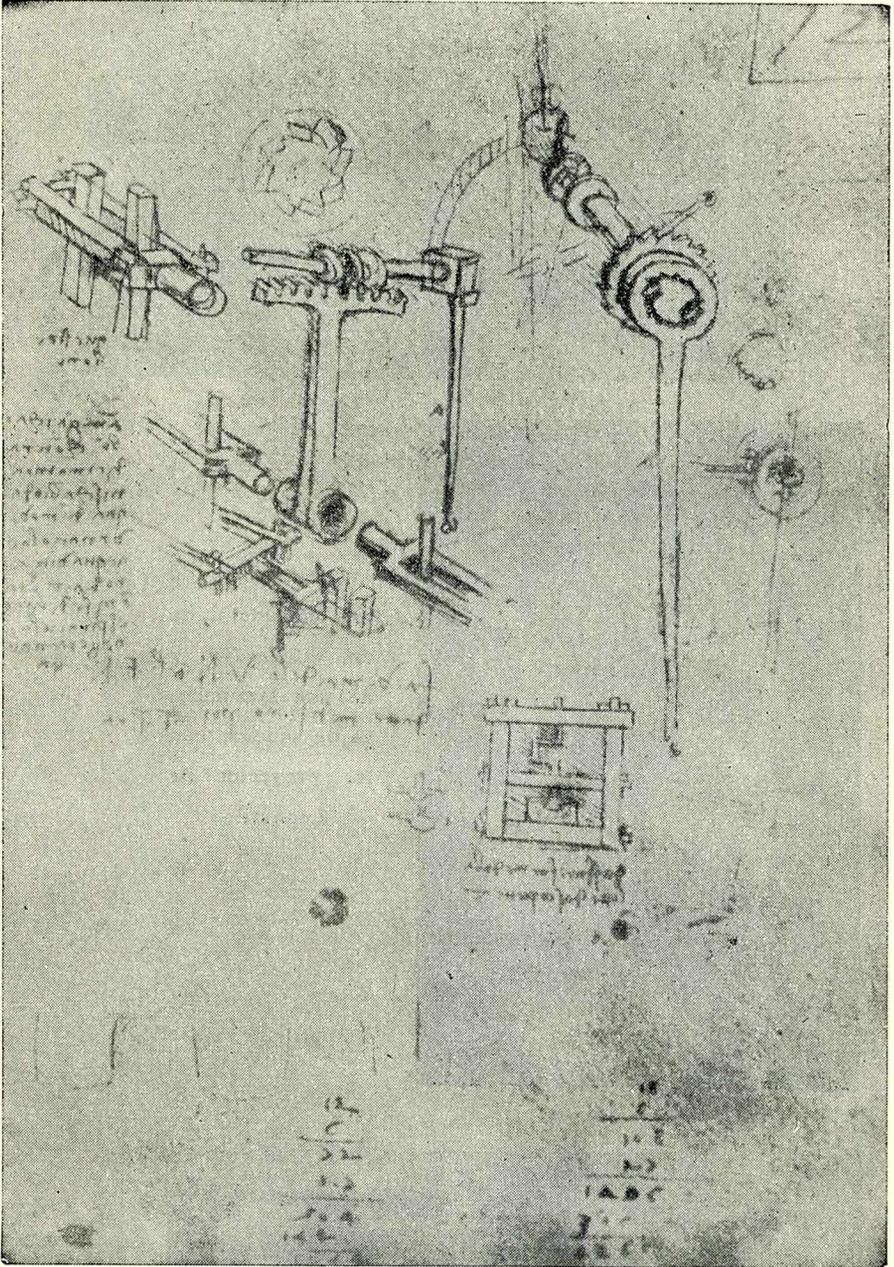
Leonardo interpone cilindros convenientemente lubricados con aceite o con grasa, porque “cualquier cosa, por delgada que sea, interpuesta entre dos cuerpos en contacto, disminuye el frotamiento” (C. A. 72 b) (C. A. 376 a). Y consigue así aumentar la velocidad.

Inventa de este modo los rodillos antifricción y el resultado lo entusiasma. “Este aparato —escribe satisfecho— da al movimiento circular una duración que parece maravillosa y milagrosa, porque sigue girando aun cuando el motor se ha detenido”. (I. 58 a)

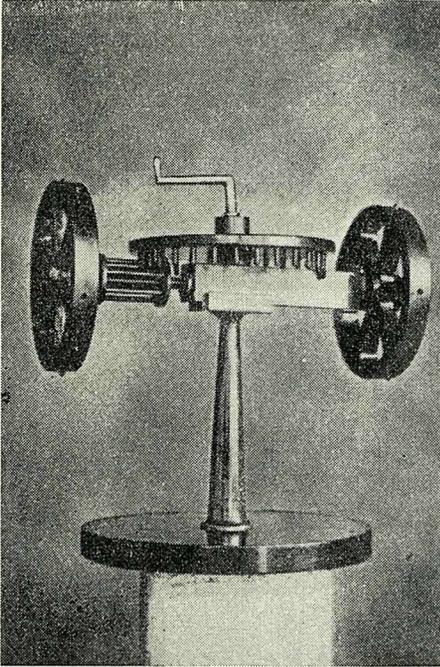
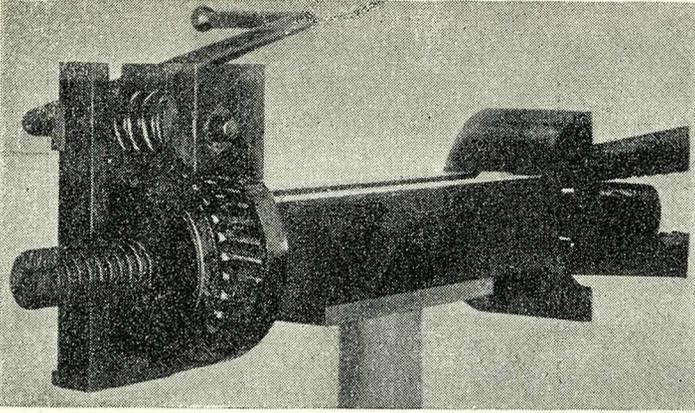
A nosotros, acostumbrados a ver a diario lo que para Leonardo era “milagroso y maravilloso” podrá parecernos ingenuo su entusiasmo. Y, sin embargo, es ésta una de sus frases más hermosas, porque ella encierra el símbolo de su obra de ingeniero. Las ideas de Leonardo fueron utilizadas por otros; sus mecanismos y sus máquinas fueron construídos por otros; el *fruto matemático* brilló en todo su esplendor cuando Leonardo ya no existía más, y sus máquinas comenzaron a moverse cuando su gran corazón había cesado de latir. Y “el movimiento continuó aun cuando el motor se había detenido”.

La nueva doctrina del Siglo XX quiere elevar un himno a las máquinas; pero si el torbellino de la civilización permitiese volver la vista hacia el pasado, la humanidad leería en los manuscritos de Leonardo, junto al himno a la Naturaleza creadora, el más hermoso canto que el hombre — Dios de las máquinas — haya jamás elevado a las máquinas, sus criaturas.

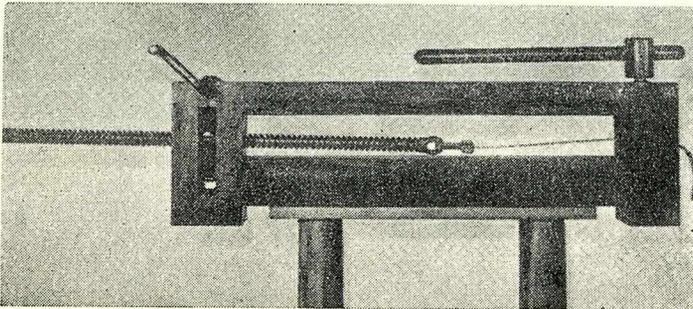




Engranaje helicoidal
B. 72 a



Reconstrucción de
una cortadora, de
un diferencial y
de una laminado-
ra de acuerdo con
los proyectos de
Leonardo.



LAS MAQUINAS DE GUERRA

Bartolomé Colleoni es el último de los grandes "condottieri"; después las invasiones extranjeras absorben a las Señorías como éstas habían absorbido a las Comunas y los "condottieri" desaparecen. Giovanni Acuto, Braccio da Montone, Piccinino, Gattamelata, Sforza, Colleoni son un recuerdo del pasado; desde el 1500 al 1800 los hombres de armas italianos no son más "condottieri", son mariscales y generales, mandan ejércitos extranjeros y se llaman Trivulzio, Alejandro Farnesio, Ambrosio Spínola, Emanuel Filiberto, el Príncipe Eugenio, Montecúccoli y Napoleón. En 1797 —cuando Napoleón se llamaba todavía *Buonaparte*— entrega al Imperio Austriaco la agonizante República de Venecia, y con ello terminan en Italia las últimas libertades republicanas.

En vano tres siglos antes Maquiavelo había exhortado a "pigliare" l'Italia e liberarla da lo straniero"; nadie lo escuchó porque Maquiavelo era demasiado grande y, según dice en la dedicatoria del "Príncipe", *perseguido por una continua maldad de fortuna*; ambas cosas impedían que su voz llegara a los gobernantes, muy ocupados en organizar festejos y en refñir entre ellos.

Y también por eso, por ser demasiado grande y perseguido por una continua maldad de fortuna, tampoco fué comprendido Leonardo cuando hablaba de libertad (W. 12484 b) y para conservarla, proyectaba fortificaciones e inventaba máquinas de guerra.

"Para mantener la libertad, dádiva principal de la Naturaleza, he encontrado el modo de ofender y de defenderse de los ambiciosos tiranos" (B. N. 2037.10 a).

Esto escribía Leonardo en el 1489; y si alguien hubiese puesto en práctica el modo que encontró Leonardo, se habría mantenido la libertad y transformado radicalmente la ingeniería militar y el arte de la guerra.

Es un error creer que el arte de la guerra se haya modificado cuando aparecieron las armas de fuego. Las armas de fuego se utilizaron por primera vez en la España Arabe del Siglo XIII, más tarde, un antiguo documento citado por Libri demuestra que en 1325 el "Gonfaloniere" de Florencia y doce "boni viri" eran encargados de nombrar los oficiales que debían fabricar las bombardas para la defensa de la ciudad. En 1334, Petrarca escribe a Azzo de Corregio: "Es extraño que tú no tengas proyectiles de metal, que son empuja-

dos por el fuego y salen con horrible trueno". En 1337 los Venecianos emplean la artillería por primera vez; en 1338 comienzan a usar las armas de fuego los Franceses, y el 26 de Agosto de 1346 aparecen los tres primeros cañones ingleses en la batalla de Crecy.

Pero estas armas primitivas no tuvieron el desarrollo que era de esperar, tanto que más de dos siglos después, Montaigne, al referirse a las armas de fuego de su época, escribía allá por el 1580: "ellas tienen tan poco efecto, como no sea molestar a los oídos, que probablemente se abandonará su uso".

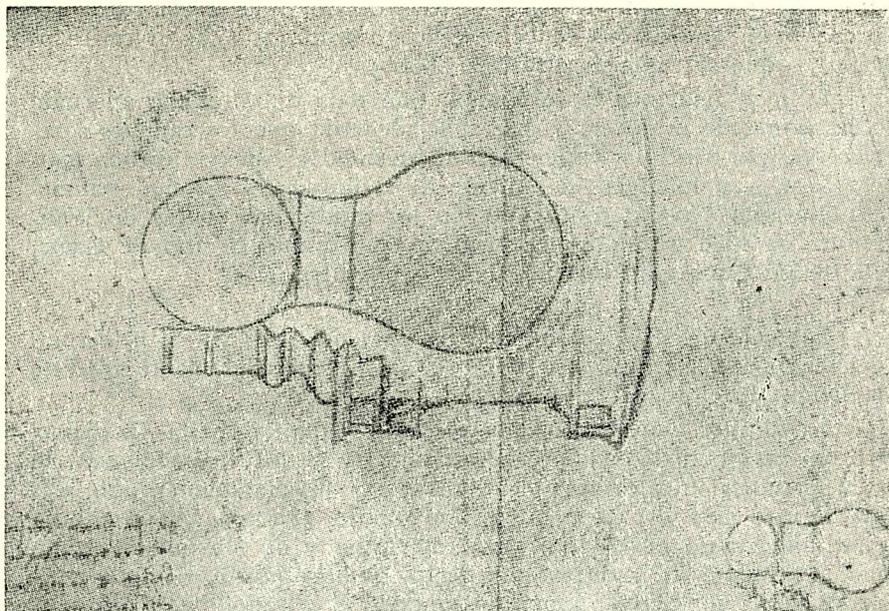
Schneider dice que "en el año 1596 un grupo de hombres serios y cultos deliberaron sobre la conveniencia de abandonar completamente las armas que disparaban con pólvora y sustituirlas con las máquinas de torsión, según las indicaciones de los autores antiguos. Las pruebas hechas en nuestros tiempos con las reconstrucciones de máquinas antiguas realizadas por Schramm demostraron cumplidamente que los disparos de las armas de torsión eran más potentes que los de las armas de fuego del año 1600".

De este pequeño resumen puede deducirse que desde el primer empleo de las armas de fuego por los Arabes de España en el Siglo XIII hasta el Siglo XVII —es decir durante cuatro siglos— los progresos de aquellas armas habían sido prácticamente nulos y, según dijimos antes, no habían transformado el arte de la guerra.

Cien años después de la desaparición de Leonardo, el modo que él había encontrado "de ofender y defenderse de los ambiciosos tiranos" era aún desconocido.

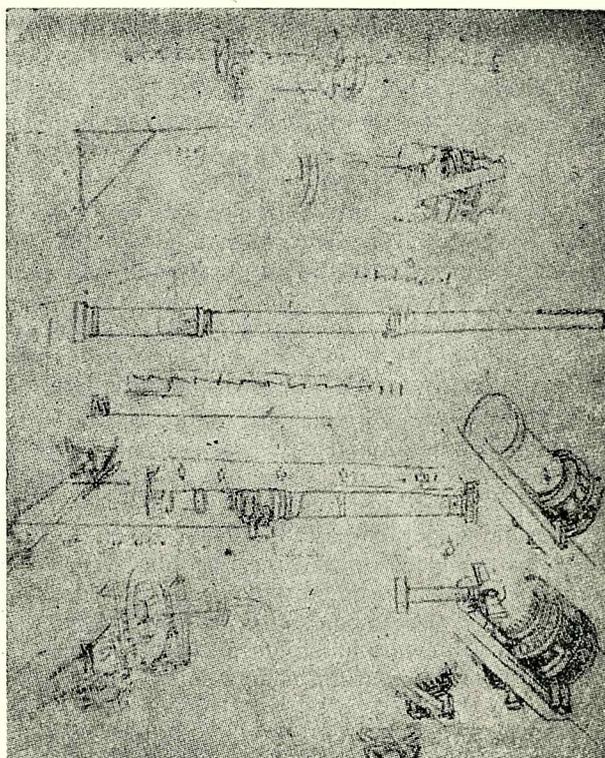
En la época de Leonardo las armas de fuego de mayor calibre eran las bombardas, antepasados de nuestros cañones, y que —como nuestros cañones— se componían de dos partes principales: el tubo y la recámara. Las dos partes se fabricaban separadas para que el arma pudiera cargarse más fácilmente, porque primero se llenaba de pólvora la recámara y después se unía al tubo afirmándola con cuñas. La bala se introducía por la parte anterior del tubo, y se daba fuego a la pólvora por medio de un hierro calentado al rojo que se hacía penetrar en un orificio practicado en la recámara y que se llamaba "oído" de la bomba.

Leonardo da al tubo la forma racional, establece su espesor en función del peso del proyectil y su longitud en función del diámetro del mismo y del material de que está compuesto —piedra, hierro o plomo—; de acuerdo con estos materiales fija la longitud del tubo de las bombardas en 6,12 ó 18 calibres, y de 20 a 36 calibres la longitud del tubo en los cañones livianos (*passavolanti*); dispone la recámara no fijada con cuñas sino atornillada; proyecta el cierre a comando en la misma recámara; inventa el dispositivo a rueda para el encendido automático, dispositivo que funcionaba por medio "de tres resortes: uno para girar la rueda, otro para empujar la piedra



Unión a rosca de la recámara con el tubo

C. A. 28 b



Dispositivo para el cierre automático.

C. A. 10 b

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

que debe producir la chispa, y el tercero para fijar dicha rueda"; y proyecta un nuevo tipo de bombardas a retrocarga: "che si carica di rioto". —que se carga de atrás (B. 26 bb).

Es fácil imaginar la revolución que todo esto hubiera aportado a las armas de la época; y más si se recuerda que los cañones a retrocarga, por ejemplo, recién fueron inventados —mejor dicho, reinventados— en 1830 por el teniente de artillería del ejército piamontés Giovanni Cavalli, construidos en las fundiciones suecas de Wahrender en 1843 y usados por primera vez durante el sitio de Gaeta, en 1864, ya que eran cañones de grueso calibre.

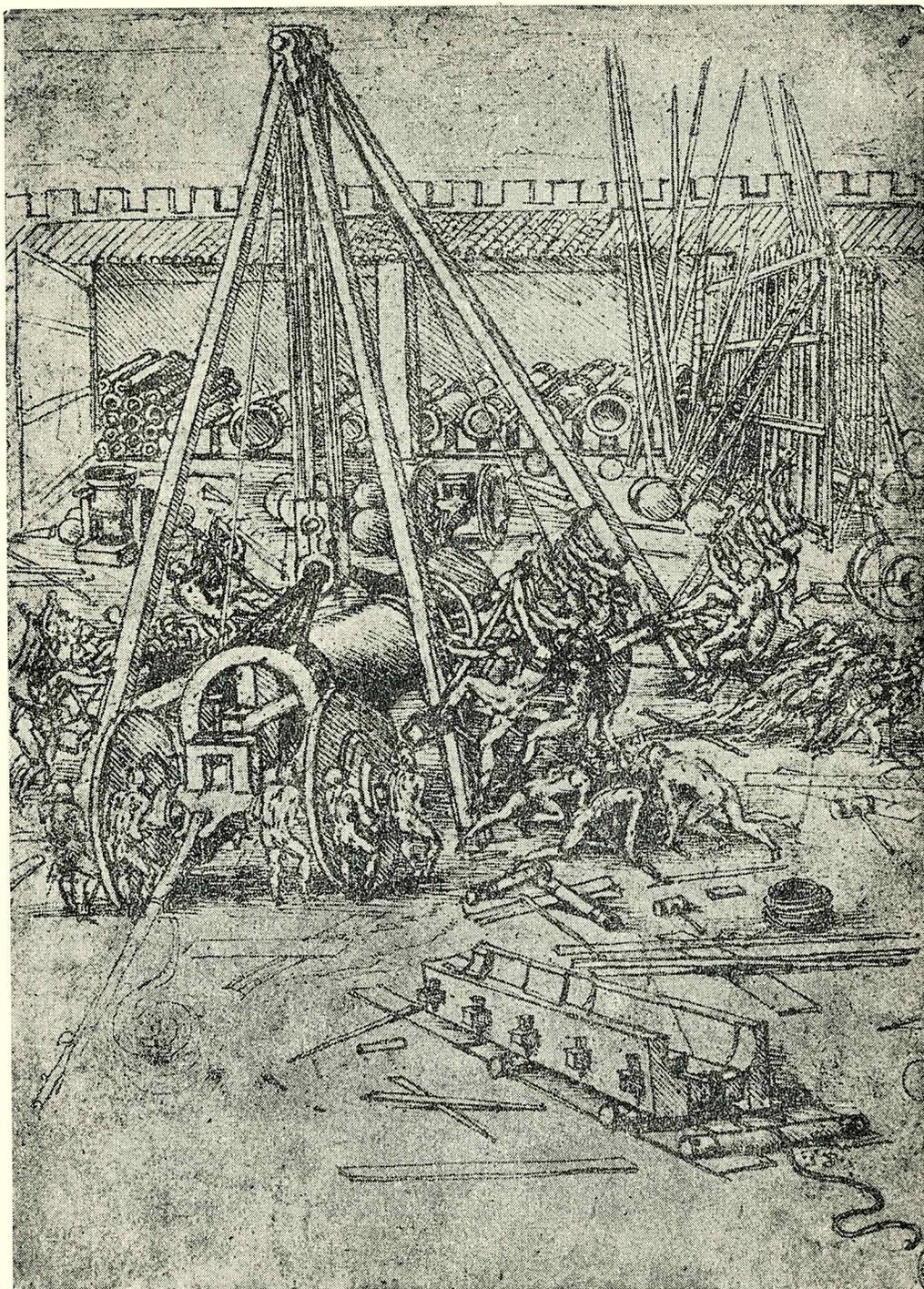
Los calibres de las bombardas a fines del siglo XV y principios del Siglo XVI alcanzaban a unos 10 cm.; aproximadamente 1/10 de la longitud del tubo.

Ya dijimos que Leonardo aumentó la longitud hasta 18 diámetros en las bombardas y hasta 36 diámetros en los "passavolanti", lo cual permitía un alcance mucho mayor; y para aumentar aun más ese alcance ideó por primera vez los grandes calibres. En un dibujo admirable, tanto por la impresión de fuerza y de movimiento como por la armonía en la disposición de los siete grupos de hombres ocupados en la maniobra, Leonardo muestra el obrador de una fundición de bombardas de grandes calibres, como sólo se usaron trescientos cincuenta años después en la artillería de sitio y en los cañones navales. (W. 12647)

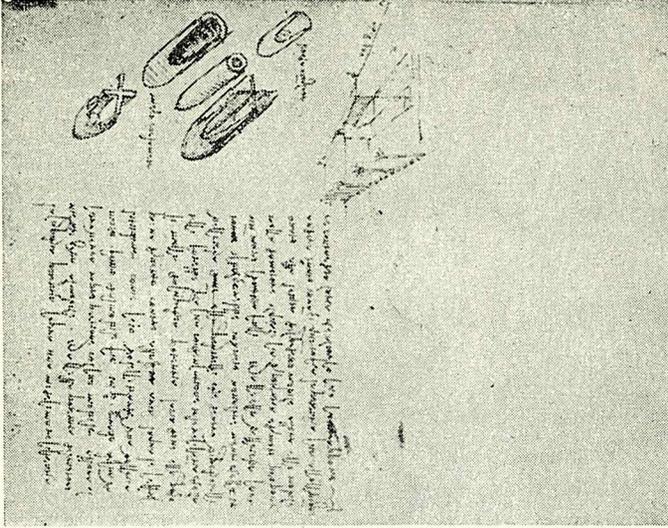
Dispuso sobre cureñas de gran movilidad los pequeños calibres de la artillería volante de campaña; los proveyó de un alza para regular el ángulo de tiro (C. A. 26 b) y de una especie de coraza para defensa del artillero (C. A. 9 a).

Siguiendo los preceptos de Valturio, colocó diez pequeños cañones a retrocarga en abanico, y, además, ideó una cureña con treinta y tres cañones giratorios, dispuestos en tres series de once cada una, de modo que mientras tiraban los primeros once simultáneamente, se enfriaban los de la segunda serie y se cargaban los de la tercera. (C. A. 56 b). Puede imaginarse el resultado mortífero de estos dispositivos, precursores de nuestras ametralladoras.

Inventa las granadas de mano, reinventadas dos siglos después, más tarde abandonadas y, por último, vueltas a usar en nuestros tiempos. Las granadas de mano de Leonardo eran —según su descripción— "balas de medio pie de diámetro, llenas de pequeños cartuchos de papel empastado de alquitrán, sulfuro y oropimento que sentidos por el olfato hacen estornudar; en el centro de dicha bala hay pólvora que al encenderse da fuego a todos aquellos tubos; y cuando se arroja con honda entre las filas enemigas, después de haber dado fuego a una mecha unida a ella, se esparcen en un espacio de 100 brazas (60 metros aproximadamente)" (B. 9 b).

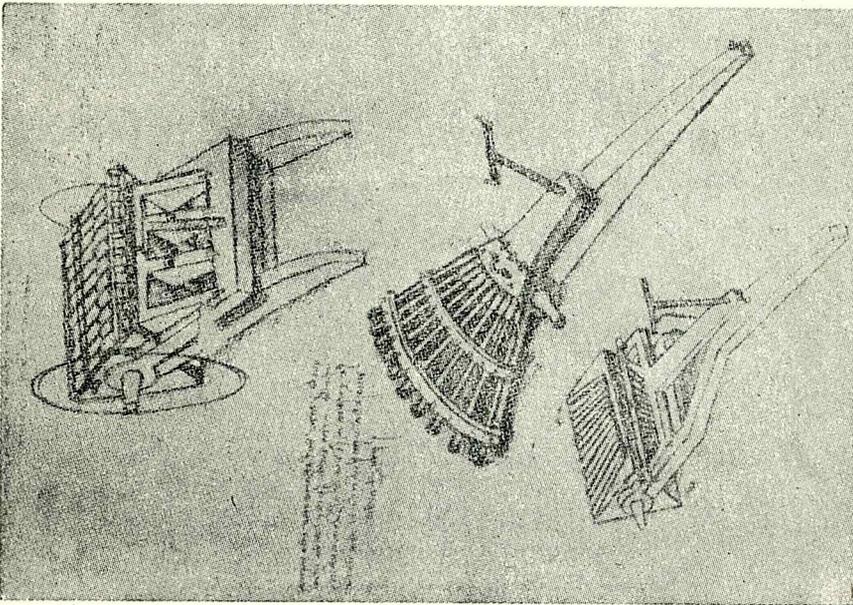


Obrador de una fundición para grandes calibres
Biblioteca Real de Windsor



Proyectiles cilindro - cónicos y proyectiles de aletas.

Br. M. 54 a



Cañones de tubos múltiples.

C. A. 56 b

En el sitio de Gaeta, al cual nos hemos referido anteriormente, se usaron por primera vez los proyectiles cilindro-cónicos, inventados también por el teniente Cavalli en 1843, mientras se fabricaban sus cañones. Pero los proyectiles cilindro-cónicos ya habían sido inventados por Leonardo trescientos cincuenta años antes.

Y si se comparan los dibujos de proyectiles cilindro-cónicos de Leonardo con los proyectiles del mismo tipo usados no hace cien años, se podrá fácilmente apreciar las formas mucho más racionales de los primeros. (Br. M. 54 a)

Y como el proyectil cilindro-cónico tiene su centro de gravedad más cerca de su base que del vértice y "todo peso piramidal, lanzado con la punta hacia adelante, girará inmediatamente su base hacia el lugar donde se mueve el todo" (G. 51 a), resultaría que no caerían de punta y su trayectoria no tendría estabilidad. Para otorgarle estabilidad, Leonardo los provee de aletas, invento tanto más notable por cuanto otros tipos semejantes, las bombas de aletas, sólo comenzaron a usarse en nuestro siglo.

Por último, Leonardo quita las aletas y da al proyectil la forma nueva de un sólido cuya sección es máxima a un cuarto de su longitud a partir de la punta y disminuye hacia la parte posterior. (L. 43 b). Estudia los efectos sobre un obstáculo que se oponga a estos nuevos tipos de proyectiles perforantes, efecto que depende de la forma de los mismos y del ángulo de caída (L. 42 a) (L. 42 b) (L. 43 a) (L. 43 b) (L. 44 a) (L. 44 b) (L. 45 a) (L. 45 b) y proyecta tipos completamente nuevos de fortificaciones.

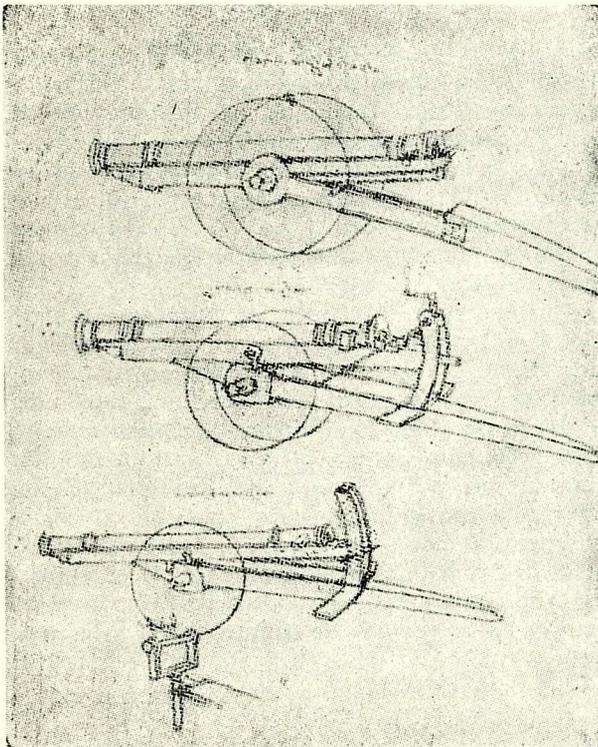
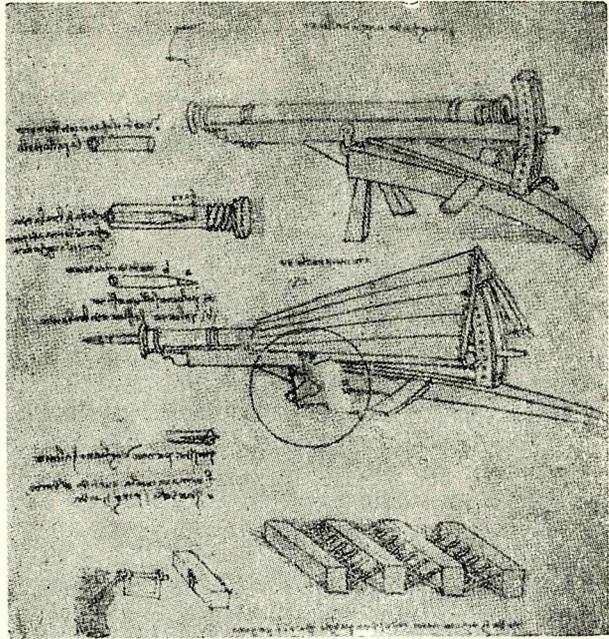
Los antiguos castillos de la Edad Media, contruídos para que en caso necesario sirvieran de fortaleza, presentaban sus muros altos y verticales para que fuera más difícil escalarlos. La introducción de la rudimentaria artillería no cambió esta disposición porque las murallas eran invulnerables a las primitivas armas de fuego; sólo cuando éstas se volvieron temibles, las fortalezas trataron de presentar el mínimo blanco, entonces disminuyeron poco a poco la altura de sus murallas y fueron bajando lentamente hasta desaparecer bajo tierra dejando visibles sólo las casamatas.

Por brevedad no mencionaremos los tipos de fortificaciones de planta poligonal ideados por Leonardo y puestas en práctica ciento cincuenta años más tarde (C. A. 41 b) (C. A. 42 b) (B. 5 a) (B. 24 b) (B. 57 b) etc. Pero nos detendremos en una innovación genial porque ella sólo es comparable a los sistemas de defensa de nuestro siglo, y esa innovación de Leonardo consistía en primer lugar en establecer una línea de defensa subterránea que unía las fortalezas (C. A. 41 a), y en segundo lugar en disponer las mismas fortalezas en forma de anillos concéntricos separados por fosos llenos de agua y comunicantes entre sí por túneles excavados debajo los fosos (C. A. 48 a).

La sección de cada anillo es trapezoidal; el lado inclinado tiende hacia el exterior y cubre los corredores de comunicación y las tro-

Alza y reparo
para el artillero.

C. A. 9 a



Innovaciones en
los tipos de
cureña.

C. A. 26 b

neras para los cañones. Para facilitar el tiro, la altura de cada anillo aumenta desde el externo hasta el central; y todos ellos están cubiertos por una gruesa cúpula semielíptica que debería ser perforada por los tiros enemigos antes que éstos llegaran a uno de los anillos.

Cuatro construcciones protectoras externas, dispuestas en forma de medias lunas, cubren las salidas y aumentan la defensa del conjunto.

Si los gruesos sillares de piedra que aconsejaba emplear Leonardo para estas fortificaciones los substituyéramos por el cemento armado, tendríamos un tipo de defensa perfectamente adecuada para resistir los tiros de la aviación y de la artillería de nuestra época.

A las fortificaciones fijas, aptas para la defensa, deben agregarse las fortalezas móviles, aptas para el ataque. A los carros falcados arrastrados por caballos y armados de hoces —cuya idea antigua resucita— Leonardo substituye grandes carros acorazados movidos por hombres que están en su interior. (B. M. 103 0a)

La marcha de estos carros debía ser sumamente lenta; puede calcularse que la potencia de treinta hombres hubiera hecho avanzar un carro a la velocidad de unos cincuenta centímetros por segundo en terreno llano. Pero la velocidad importaba poco en esas fortalezas móviles, armadas con cañones radiales y “cubiertas, seguras e inalterables, las cuales, penetrando en las filas enemigas con su artillería, desharian las tropas más numerosas de gentes de armas” y permitirían que “detrás de ellos la infantería pudiera avanzar sin peligro y sin ningún obstáculo”.

Lo transcripto corresponde a unos párrafos de la carta-presentación dirigida a Ludovico el Moro, en la cual exponía sus conocimientos de ingeniero militar y ofrecía “hacer la experiencia en vuestro parque o en el lugar que plazca a Vuestra Excelencia si alguna de las cosas arriba enumeradas pareciese imposible de ejecutar”.

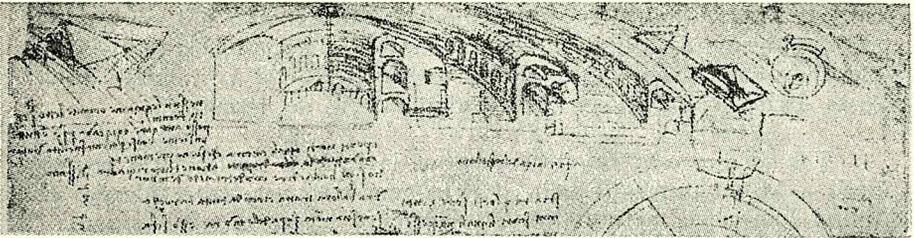
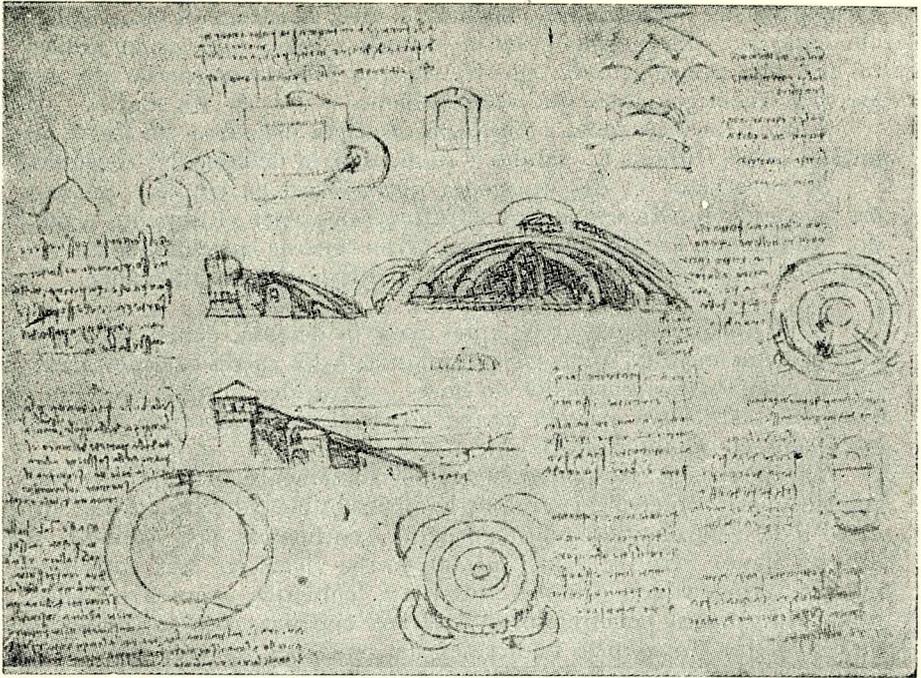
Las cosas arriba enumeradas eran las que él sabía hacer cuando llegó a Milán como “tocador de lira” en 1483; las había ideado antes en Florencia, mientras pintaba vírgenes y santos; y las exponía a Ludovico el Moro en la siguiente forma:

“Sé hacer puentes muy livianos y fuertes para la persecución y para la retirada, fácilmente transportables y resistentes al fuego de la artillería; — y modos de arder y deshacer los del enemigo.

“Sé agotar el agua de los fosos en un sitio, y hacer una infinidad de puentes, máquinas y cabezas de gato.

“Conozco los medios de destruir cualquier ciudadela o fortaleza, que no esté fundada sobre la roca, si a causa de los taludes de la escarpa no se pudiera, en un sitio, hacer uso de bombardas.

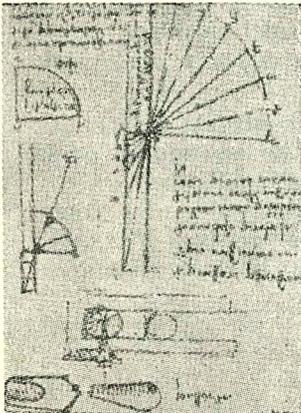
“Conozco, además, el medio de fabricar bombardas muy cómodas y fáciles de transportar, y con ellas lanzar piedras pequeñas como lo haría una tormenta. Con su humo se acobardaría el enemigo grandemente con mucho daño y confusión.



Proyectos para nuevos tipos de fortificaciones

C. A. 48 a

C. A. 41 a



Estudio para la incidencia de los proyectiles sobre un muro vertical y nuevos tipos de proyectiles.

L. 43 b

“Y si se estuviese en el mar, dispongo de muchos instrumentos aptos a ofender y defenderse; y navíos resistentes a los tiros de cualquier gran bombardas, y a la pólvora y al humo.

“Además tengo medios de llegar, por subterráneos y vías secretas y tortuosas, silenciosamente al lugar designado, aunque hubiese que pasar debajo de los ríos o de los fosos.

“Haré carros cubiertos, seguros e inalterables, que penetrando entre los enemigos con su artillería no habrá tan grande cantidad de gentes de armas que pueda resistir; y detrás de ellos la infantería podrá avanzar sin peligro y sin ningún impedimento.

“Además, siendo necesario, haré bombardas, morteros y pequeños cañones (passavolanti) de hermosísimas y útiles formas, fuera del uso común.

“Donde faltare la operación de las bombardas, haré catapultas, ballestas y otros instrumentos de admirable eficacia y distintos de los usados. En fin, según la variedad de los casos, compondré varios e infinitos dispositivos de defensa y de ofensa”.

Estas eran las enumeraciones de sus conocimientos como ingeniero militar, mucho más numerosas que las de ingeniero civil, de arquitecto, de pintor y de escultor, porque en lo relativo a estas últimas —según dijimos— sólo agrega:

“En tiempo de paz creo poder satisfacer muy bien, en comparación de cualquier otro, en Arquitectura, en composición de edificios públicos y privados y en la conducción de agua de un lugar a otro.

“Además haré en escultura, de mármol, bronce y arcilla, y del mismo modo en pintura, lo que se pueda hacer, en comparación de cualquier otro, y sea quien quiera.

“Y aun se podrá comenzar el caballo de bronce que será gloria inmortal y eterna honra del señor vuestro padre y de la ínclita Casa Sforzesca”.

El contenido de los manuscritos y la obra artística de Leonardo, “hecha a comparación de cualquier otro, y sea quien quiera”, demuestran que sus ofrecimientos no eran palabras vanas. Empero Ludovico el Moro no tomó en cuenta sus inventos de ingeniería militar; si los hubiera puesto en práctica, la Historia habría cambiado su curso. Lamentablemente siempre hubo y habrá gobernantes —decíamos en otra oportunidad— que no llegan a comprender a los hombres geniales, y muchas veces ni siquiera a los hombres instruidos; y cuando los llegan a comprender —a veces— generalmente es tarde.

No habían pasado aún tres años desde la caída de Ludovico el Moro cuando César Borgia se propone substituir él solo a todos los tiranuelos del Centro de Italia, y expide en Pavía un documento de fecha 18 de Agosto de 1502 con el cual otorga a Leonardo el título de Ingeniero. Y es curioso observar que un tirano resuelve otorgar el

título de Ingeniero precisamente a Leonardo quien había “encontrado el modo de ofender y de defenderse de los ambiciosos tiranos y mantener la libertad, dádiva principal de la Naturaleza”.

“A todos nuestros lugartenientes, castellanos, capitanes, condottieri, oficiales, soldados y súbditos —decía el documento expedido por César Borgia— a los cuales de ésta le llegará noticia, encargamos y mandamos que a nuestro excelente y dilectísimo Familiar, Arquitecto e Ingeniero General Leonardo da Vinci, de ella ostensor, el cual de nuestra comisión debe considerar los lugares y las fortalezas de nuestros Estados para que según sus exigencias y su juicio podamos proveerlos, deben dar por todas las partes libre pase de cualquier pública erogación; para sí y para los que lo acompañan, amigable recepción; y dejarle ver y medir y estimar todo lo que desee. Y a este efecto, enviar hombres a su pedido y prestarle cualquier ayuda, asistencia y favor que solicite. Y queriendo hacer obras en nuestros dominios, todo Ingeniero está obligado a conferir con él y estar a su parecer. Ni nadie presuma hacer lo contrario de esto si no quiere incurrir en nuestra indignación”.

El desnivel entre Leonardo y César Borgia era muy grande; por eso al poco tiempo Leonardo está lejos de aquél y en los primeros meses del 1503 proyecta en Florencia el canal navegable del Arno.

El lema de César Borgia era “aut Caesar aut nihil” —o César o nada— pero era demasiado pequeño para ser César; y ante la inutilidad de sus inventos para el modo de ofender y de defenderse, Leonardo escribirá melancólicamente:

“Quien hubiese encontrado el sumo valor de la bombardas en todas sus variantes de formas, y presentado tal secreto a los Romanos, con qué rapidez habrían conquistado todas las regiones y vencido a todos los ejércitos; y qué premio hubiese sido suficientemente grande para equivaler a tantos beneficios”. (Br. M. 279 b)

Pero no era el tiempo de los Romanos; Leonardo, considerado como el máximo exponente del “hombre del Renacimiento”, había nacido demasiado tarde o demasiado pronto y estaba fuera de su época: él añoraba el tiempo de los Romanos y nosotros lo encontramos tan cercano a nuestros tiempos.

Si Ludovico el Moro no prestó atención a las bombardas y a las máquinas de guerra “fuera del uso común” que había ideado Leonardo, con mayor razón debía desinteresarse en absoluto de la construcción de navíos “resistentes a los tiros de cualquier bombardas”, ya que para el Ducado de Milán, que no tenía costas, no era posible una guerra marítima.

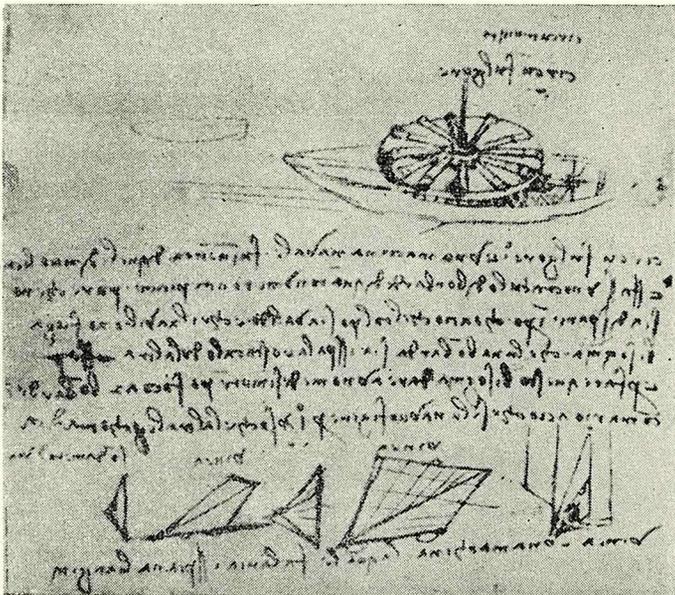
Lo extraño es que tampoco la República de Venecia —marítima por excelencia— utilizó los nuevos tipos de barcos ideados por Leonardo. En uno de estos tipos de barcos una coraza móvil cubre la parte delantera e impide que la embarcación sea alcanzada por los proyectiles mientras se acerca al navío enemigo. Llegada a muy cor-

ta distancia, un giro de la coraza descubre sus cañones y la embarcación dispara sus tiros a esa corta distancia con un resultado mucho más eficaz. (C. A. 61 a)

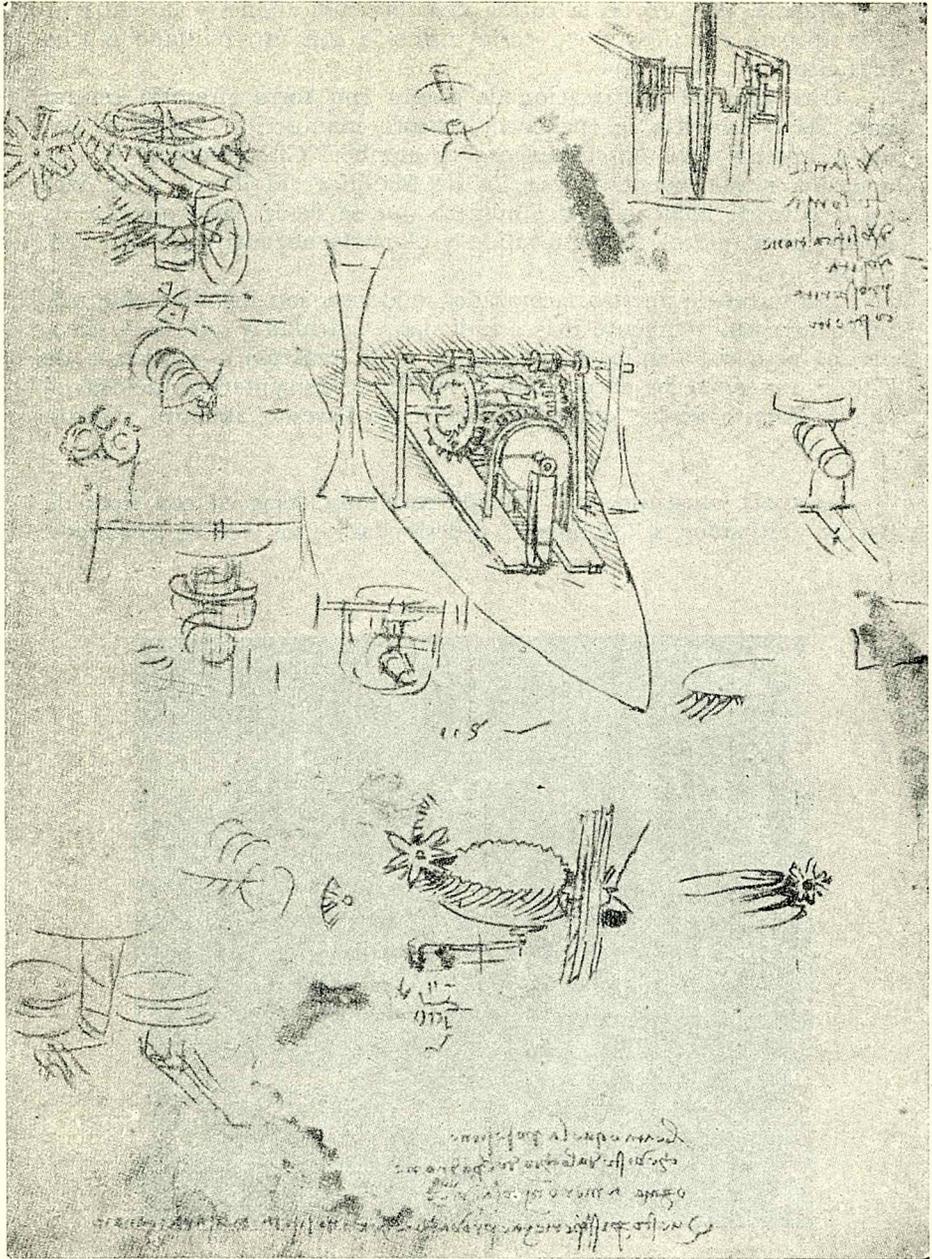
Otro tipo de embarcación de guerra con torre giratoria central para las bombardas se encuentra en otro manuscrito. Leonardo llama a aquella torre “circumfólgora” y escribe: “Circumfólgora es una máquina naval inventada por los de Maiólica (Mallorca) y se hace un círculo de bombardas del número que se desee, pero que no sea impar, para que el tiro sea válido y el navío enemigo no huya” (B. 82 b).

Las torres de nuestros acorazados modernos son infinitamente más perfectas e infinitamente más estudiadas y calculadas que la de Leonardo, pero su ángulo de tiro llega a un máximo —a veces— de 270° , y aun no se ha encontrado el medio de aumentarlo; mientras el ángulo de tiro de la “circumfólgora”, cuyo invento atribuye a otros, es de 360° .

Aconseja construir una “armada marítima” especial con tipos de navíos destinados a “sfondare” —desfondar— los barcos enemigos.



Croquis de una torre de bombardas
(Circumfólgora)



Motor para un navío a palas

C. A. 344 a

Aquellos navíos debían tener 100 pies de largo y 8 de ancho (m. 30 y m. 2,40 respectivamente), proporción que les hubiera otorgado una gran rapidez de movimiento ya que es menor del décimo, o sea menor que la de nuestros barcos más veloces.

El espesor debía ser de un pie y medio (45 centímetros, aproximadamente) y debajo de la línea de flotación se disponía un espolón de hierro "del peso y grosor de un yunque". Para obtener mayor efecto a igualdad de esfuerzo de los remeros, Leonardo aconseja que los remos de babor sean movidos por los remeros colocados a estribor, y viceversa, "para que el brazo de palanca sea más largo".

Esta precaución era necesaria porque el navío, impulsado a gran velocidad, debía hundir el espolón en el barco enemigo debajo de la línea de flotación, después volver rápidamente hacia atrás a fuerza de remos y precipitarse y hundirlo por segunda vez, y después por tercera vez, y así sucesivamente (B. N. 2037. 3a); todo lo cual necesitaba una potencia mucho mayor que la común.

Como es sabido, desde hacía siglos los navíos se armaban de espolón y combatían en la forma que aconseja Leonardo; su innovación consistía en construir una escuadra compuesta por tipos de barcos sumamente veloces como no poseía ninguna marina de aquel tiempo y como no había poseído ninguna marina anterior.

Convencido que la velocidad es un factor muchas veces decisivo en la guerra naval, trata de aplicar un motor mecánico y substituir los remos por ruedas a palas, movidas por un sistema de engranajes. En el croquis explicativo, las ruedas a palas están movidas por un piñón ("*rocca*") de 12 dientes que engrana con una rueda motora (*rota del primo moto*) de 60 dientes. Cada giro de ésta corresponde, pues, a 5 giros del piñón y, por consiguiente, a 5 giros de las ruedas a palas. Como la longitud de cada pala es de 90 centímetros (una braza y media), quiere decir que el barco debía avanzar a cada giro de la rueda a pala una cantidad igual a su circunferencia, o sea unos 6 metros; y cada giro de la rueda motora correspondería a un avance de 5 veces 6 metros, o sea a un avance de 30 metros.

Si la rueda motora hiciera 45 giros por minuto, o sea 2.700 giros por hora, el barco avanzaría treinta veces esta cantidad, es decir 81.000 metros, equivalentes a unas cincuenta millas florentinas. Por eso Leonardo, después de estos cálculos, escribe satisfecho: "fará anche 50 miglia all'ora" —hará también 50 millas por hora— (W. 12650 a); ya que en aquellos cálculos no tiene en cuenta el rendimiento que en este caso es muy pequeño.

El croquis y la explicación de este motor de barco se relacionan con otro croquis en que aparece el mecanismo colocado en el puente de un navío, indicado esquemáticamente y en perspectiva, como acostumbra los italianos. (C. A. 344 a)

Una rueda dentada, movida por una transmisión a correa —ya dijimos que la transmisión a correa es un invento de Leonardo— que

parte del puente inferior donde estaría la rueda motora, engrana con dos piñones; las ruedas correspondientes a éstos engranan a su vez con otros dos piñones cuyo eje común es el de las ruedas a palas.

La *rota del primo moto* de estos mecanismos podía ser movida por resortes —como el motor del automóvil de Leonardo— o a mano, como parecería desprenderse de los cigüeñales dibujados en la misma hoja.

Lo que interesa no es el tipo de motor ni la utilización de ruedas en lugar de remos —idea ya expuesta a mediados del siglo XV por Iácopo da Siena, llamado “il Taccola”—; tampoco interesa analizar el cálculo del motor del barco “che puó fare anche 50 miglia all’ora”: — lo interesante es la substitución de las pesadas galeras movidas por la fuerza del viento por otros tipos de barcos de gran autonomía y de gran velocidad como complemento de los barcos armados con grandes bombardas, idea con la cual —repetiendo una frase tantas veces usada— se adelantó a los tiempos.

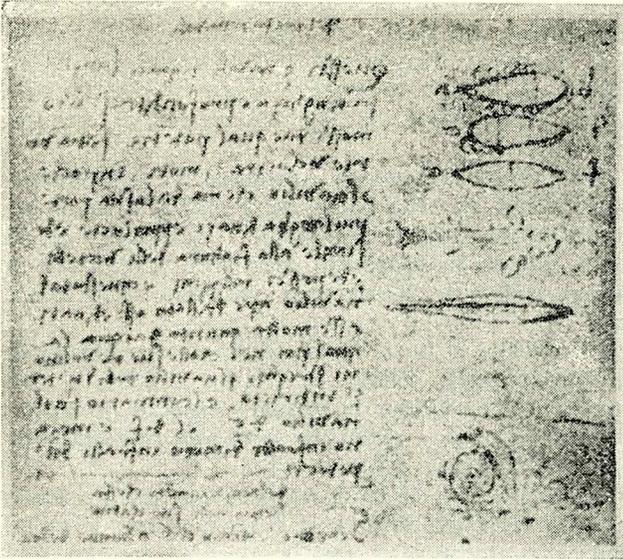
Y tanto se adelantó a los tiempos que hay cosas en que aun no lo hemos alcanzado. Por ejemplo, dibuja tres tipos de barcos “de igual potencia e igual ancho y profundidad”: el primero *ab* tiene su mayor dimensión hacia la proa; el segundo *cd* tiene su mayor ancho hacia la popa; y el tercero *ef* tiene su mayor dimensión en su sección media.

Observa que en estos tres tipos de barcos “*la molta quantità d’acqua*” —la mucha cantidad de agua— que en el primer caso el navío abre al avanzar se desliza por los flancos del mismo navío a los dos tercios de la popa “*stringe il navilio due terzi indietro*” y le permite obtener una mayor velocidad, mientras “lo contrario succede en el barco cuya proa es afilada”. (G. 50 b)

Recién en nuestra época comienzan tímidamente a construirse algunos barcos con la forma indicada por Leonardo —la “forma a bulbo”— aunque todavía no sucede lo mismo con los vehículos terrestres; ya que nuestros automóviles, a pesar del adelanto que experimentaron en medio siglo, están lejos de tener la forma aerodinámica, la forma racional que sería de descartar.

Y todo esto podría ser una demostración de que no todas las ideas de Leonardo han sido ya llevadas a la práctica; y, además, que fue necesario que pasaran casi cinco siglos para que nosotros, armados de todos nuestros conocimientos científicos modernos y provistos de perfectos aparatos de experimentación, llegáramos a los mismos resultados a que llegó Leonardo, quien, a falta de nuestra ciencia y de nuestros complicados instrumentos, substituía todo esto por una intuición maravillosa y por una maravillosa observación de la Naturaleza.

Así como del vuelo de las aves dedujo los primeros principios del vuelo humano, de la forma y movimientos de los peces dedujo la forma más adecuada para sus navíos y la disposición más adecuada para sus timones. (C. A. 214 a) (C. A. 52 b)



Estudio de tipos de carenas.

G. 50 b

A las torres, espolones y barcos veloces, agrega los demás medios de ofensa para la guerra naval, medios ya conocidos y que él perfecciona: bombardas a doble tiro simultáneo, hoces para cortar las jarcias de los barcos enemigos (B. 24 a) (B. 49 a) (B. 79 a); transportes de hombres armados desde una galera hasta el puente de un navío por medio de lingas (*gaggie*) cubiertas con un colchón “para que no sean ofendidas por las bombardas” (B. N. 2037.1 b); lanzamiento de sustancias venenosas e inflamables compuestas de sulfuro de arsénico, alquitrán y fuego griego; etc.

La fórmula del fuego griego no era conocida; Leonardo aconseja para obtenerlo mezclar y hervir salnitro, alcohol, carbón de sauce, azufre, alquitrán, incienso, alcanfor y lana etiópica; agregar después a esta mezcla barniz líquido, aceite bituminoso (*olio petrolio*), trementina y vinagre fuerte. Secado el todo al sol o en el horno, debía envolverse con estopa, llenando el conjunto de clavos “agudísimos” y dejando un orificio para introducir la mecha; se cubría después con colofonia y azufre, y la esfera estaba pronta para ser arrojada (Triv. 19 a).

“Y este fuego —dice después de la *receta*— es bueno para no ser dominado por el ímpetu del enemigo, y tiene *tanto deseo* de arder que sigue al maderamen de los barcos hasta debajo del agua”.

Pero éstos eran los medios de ofensa, digamos, de superficie; el problema más complicado y más digno de estudio era atacar a los navíos enemigos debajo del agua.

Sumergirse y permanecer debajo del agua era privilegio de unos pocos marinos especializados, enrolados en las marinas italianas de aquel tiempo, que se llamaban "marangoni". Hemos recordado en otra oportunidad que para reponer a flote las galeras de Calígula hundidas en el Lago de Nemi, León Battista Alberti había contratado "marangoni" genoveses.

Los italianos —campanos, genoveses, sicilianos y venecianos— han sido siempre especialistas en estas clases de trabajos. Una estampa antigua muestra un buzo —un "marangone"— veneciano de fines del siglo XV, o sea casi en la época que Leonardo se encontraba en Venecia e ideaba sus medios de ofensa para que Venecia los usara contra la flota turca.

No se sabe como respiraba el buzo de la estampa; para Leonardo es éste el problema fundamental; porque en cuanto al resto él está convencido que "una cosa que tuviera la misma densidad (*gravezza*) del agua podrá por sí misma estar a *cualquier grado de profundidad*" (*in ogni grado di profondità*). (Leic. 2 b).

Además del problema relativo al modo de respirar, era necesario aun resolver otros dos: el traje del buzo y el sistema a usar para las maniobras de descenso y ascensión. Y Leonardo resuelve los tres problemas. (C. A. 237 b) (C. A. 333 b) (Br. M. 24 b).

Para el primero indica un casco que envuelve completamente la cabeza del buzo y las válvulas para la aspiración y la espiración del aire (C. A. 237 b). Para el segundo indica el traje de buzo; traje de cuero de doble pared en el torax; la ascensión y el descenso debían ser obtenidos por medio del llenado y de la expulsión del aire contenido dentro de la doble pared; además, se debían facilitar tales movimientos por medio de bolsas de arena suspendidas a los hombros que servirían de lastre. (C. A. 333 b).

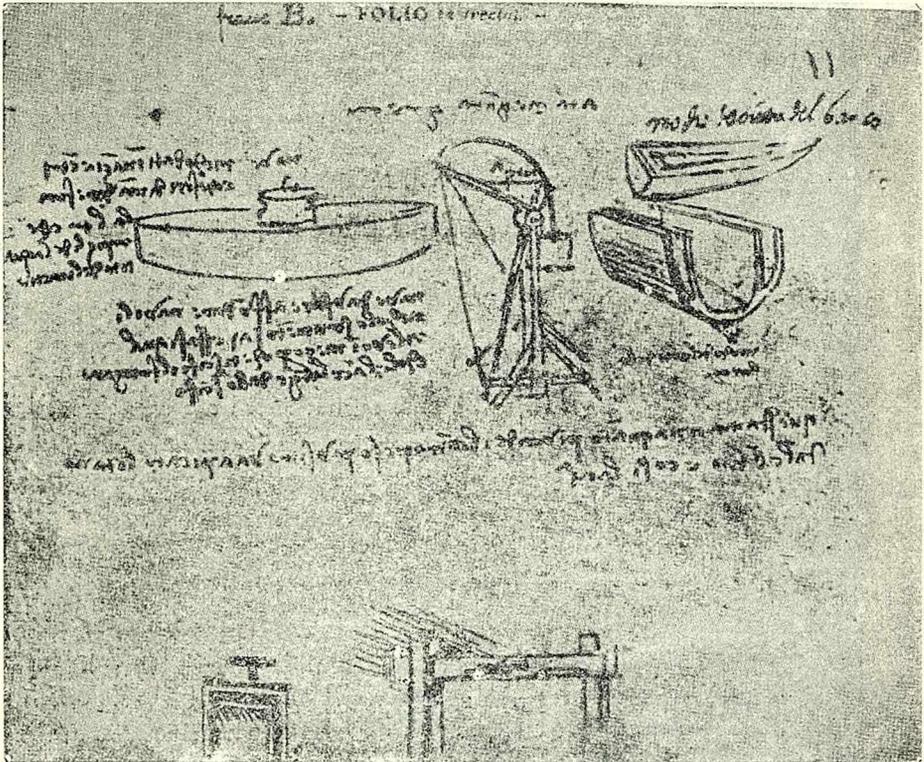
Para el tercero (Br. M. 24 b) indica el modo de construir la cúpula flotante donde terminan los tubos. Estos tubos son una innovación dentro de la innovación, porque están constituídos por trozos rígidos unidos por otros flexibles; estos últimos son de cuero reforzados por una espiral metálica, lo cual permite que el conjunto tenga la resistencia y la flexibilidad necesaria para fuertes presiones.

Leonardo llama a su escafandra "*modo nuovo il quale serve benissimo*" y agrega la siguiente frase: "*Questo é perfettissimo da carenare in qualunque parte del viaggio senza far mostrare la carena*" — Este es perfectísimo para carenar en cualquier parte del viaje sin mostrar la carena.

Se trata, pues, de un aparato que él llama "pacífico", no bélico; y el adjetivo es debido a que destruyó muchos de sus dibujos relativos a los ataques subácuos; sólo quedan algunos de ellos, como la reducción de la escafandra al solo casco con un pequeño tubo de aspiración, los aparatos a mano (C. A. 333 b) y automáticos (B. N. 2027.6 a) para abrir fallas en la carena de los buques enemigos; minas submarinas cuya explosión debía ser provocada por medio de una

cadena de comando —reinventada tres siglos después, según dijimos, y bautizada “cadena de Galle” — (C. A. 357 a); y, por último, un navío debajo del cual escribió “*nave da usare affondare navilio*” — buque para hundir navíos— (B. 11 a). Como el dibujo semeja a un submarino, y en la misma hoja hay otro dibujo que muestra la sección de un casco doble, adecuado para esta clase de barcos, se supone que esta hoja es la única que ha quedado de todas las que indicaban el modo “no pacífico” de navegar debajo del agua y que él destruyó; porque sólo quería publicar los modos “que no son de peligro puesto que aparece sobre el agua la boca del tubo por la cual respiran” —*la bocca della canna onde ditano*— (Leic. 22 b).

Él había ideado las máquinas de guerra para “mantener la libertad” contra “los ambiciosos tiranos”; por una razón semejante, para combatir contra la barbarie turca, había propuesto inundar el valle del Isonzo e inventado navíos y procedimientos para la guerra na-

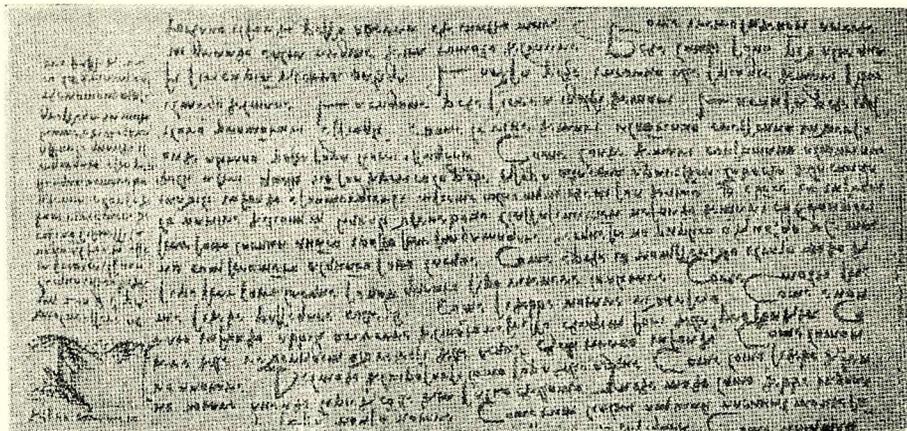


Croquis de un submarino y sección de un casco doble.

B. 11 a

val. Pero ya los turcos no constituían un peligro y, en cuanto a sus inventos para mantener la libertad, nadie los había tenido en cuenta; al contrario, la experiencia le enseñaba que si estos inventos se divulgaban, sólo servirían para aumentar el poderío de los tiranos, porque “los hombres son malvados, crueles y despiadados monstruos que siempre combaten entre sí con daños grandísimos y muertes de cada parte, y nada queda en la tierra y debajo de la tierra y del agua que no sea perseguido, movido y deshecho por ellos” (C. A. 370 b).

Y él no quiere ser cómplice de las maldades humanas; por eso, unos cinco años después de todos sus proyectos para la guerra marítima, anota en sus apuntes: “Cómo y porqué yo no escribo mi modo de estar debajo de agua como yo puedo estar sin comer; y esto no publico y divulgo por las malas naturalezas de los hombres que lo usarían en los asesinatos en los fondos de los mares rompiendo los navíos y sumergiéndolos con los hombres que están en ellos”. (Leic. 22 b).



Fascímil del MS Leic. 22 b: “Cómo y porqué yo no escribo mi modo de estar debajo del agua como yo puedo estar sin comer; y esto no publico y divulgo por la mala naturaleza de los hombres que lo usarían para los asesinatos en los fondos de los mares...”.

La disección “de más de diez cuerpos humanos sin que lo detuviera ni la repugnancia ni el temor de habitar de noche en compañía de tales muertos descuartizados y sin piel” (W. 19070 b) lo había impulsado aun más a la admiración por el “maravilloso artificio” que es la máquina humana y a la compasión por los seres “hechos a imagen y semejanza de Dios”. Y, alejado de sus inventos de las máquinas de guerra que nadie había sido capaz de usar para mantener la libertad, al terminar de describir sus disecciones (W. 19001 a) exclama:

“Y tú, hombre que consideras en este trabajo mío las obras admirables de la Naturaleza, si juzgas cosa nefanda destruirla, piensa cuánto más lo será quitar la vida al hombre; y si la composición física del hombre te parece una maravillosa máquina, piensa que ésta no es nada en comparación del alma que habita en tal arquitectura, y que verdaderamente —cualquiera sea su esencia— es cosa divina. Así que déjala habitar en su lugar a su placer y no quieras que tu ira y maldad destruya una tanta vida; porque, en verdad, quien no estima la vida ajena no merece la propia”.



EXCELSIOR

Corren las aguas del Eurotas entre los bosques de mirtos, de laureles y de olivos, y nos narran antiguas leyendas de los tiempos en que la belleza era fruto del amor entre la humanidad y el conjunto de las cosas creadas. Entonces había náyades en las orillas del Eurotas; allí Apolo lloró la pérdida de Dafne, allí tuvieron la cuna Elena, Castor y Polux; y allí Júpiter se enamoró de Leda.

El supremo dios transformó a Venus en águila y él tomó la figura de un cisne que, perseguido por el águila, se refugió en los brazos de la bella joven.

El amor entre un dios y una virgen es común a todas las mitologías, desde la mitología china que hace nacer a Fo-I del amor del supremo dios Hoang Ti con la virgen Oa Se, hasta la mitología romana según la cual Rómulo y Remo eran hijos de Marte y de Rhea Sylvia, la virgen vestal.

Porque Dios es la Naturaleza, reunión de todo lo existente, "de todo lo que se ve y de todo lo que se mueve". *Jupiter est quodcumque videt, quodcumque movetur* —según la frase de Virgilio que Spinoza repetirá más tarde de un modo mucho menos brillante y armonioso.

Y como —de acuerdo con la filosofía pitagórica— el cisne representa el alma inmortal, la transformación de Júpiter en cisne —Naturaleza y alma— y su unión con Leda impulsado por Venus —la belleza— es uno de los símbolos más hermosos de la mitología pagana.

En un antiguo mosaico de Herculano puede admirarse esta victoria del amor: sobre las rodillas de Leda se ha refugiado un cisne que extiende el cándido cuello esforzándose para unir su pico con los labios encarnados de la joven.

Ese antiguo tema de la unión de lo corpóreo con el alma; ese amor de la humanidad con la naturaleza representada por la divinidad, debía resurgir necesariamente en el Renacimiento, cuando las Bellas Artes habían llegado a su máximo esplendor, y en el mito del cisne y Leda se inspiraron los más grandes artistas: Leonardo y Veronese, Miguel Ángel y Correggio.

Y no es casualidad que los estudios de Leonardo para el cuadro de Leda pertenezcan precisamente a la época en la cual proyectaba

en un vuelo de la fantasía que el “*uccello strumentale*” —el pájaro mecánico que había ideado— se levantara hacia el cielo desde el *Magno Cécero* —el Gran Cisne—, colina situada cerca de Fiésolle y al Norte de Florencia.

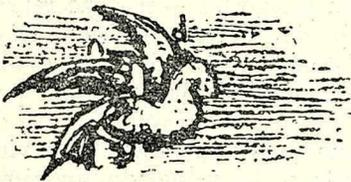
“*Dal monte che tiene il nome del grande uccello piglierá il volo il famoso uccello ch'empierà il mondo di sua gran fama*”: desde la montaña que lleva el nombre del gran pájaro levantará el vuelo el famoso pájaro que llenará al mundo con su gran fama. (Trn. Mz. 18 b).

Y en sus apuntes para el estudio sobre el vuelo de los pájaros que datan de la misma época, dibuja un milano con el cuerpo en S, el “cuerpo de cisne”, porque es muy difícil eliminar las “ideas instintivas”, es decir las ideas que no derivan del razonamiento y de la observación.

Porque la observación y el razonamiento indican que ningún ave de rapiña vuela en la forma que Leonardo le atribuye al milano, ave rapaz por excelencia.

Y esto demuestra que, contrariamente a lo que podría suponerse, cuando comenzó sus estudios sobre el vuelo de los pájaros no tenía conocimiento alguno del arte de la halconería; y, naturalmente, tampoco había leído la obra máxima relativa a este arte que, con el título “*De ars venandi cum avibus*”, escribió el emperador Federico II y que, si bien no se había impreso todavía, circulaba manuscrita hasta las primeras décadas del siglo XVI.

Por otra parte, qué importa para Leonardo que el milano vuele de otro modo? El le tiene particular simpatía al ave de rapiña que



Dibujos de milanos volando en forma de cisnes posados.

E. 23 a — 43 b





Estudio para el cuadro de Leda

Milán. — Museo del Castillo Sforza.

le trae recuerdos de la infancia lejana, une idealmente el milano a la línea ondulante del cisne y le atribuye en el vuelo esa línea ondulante porque le parece la más adecuada, diríamos la más estética, en contraposición con la línea recta chocante y antinatural; y, además, le sirve para explicar el movimiento de los pájaros en una corriente de aire horizontal sin batir de alas.

Porque, antes de efectuar otras observaciones y estudios más profundos, en aquel momento suponía — aunque no estaba muy convencido de ello — que la corriente de aire horizontal, al incidir debajo las alas, tendía a sostener y levantar el pájaro, mientras la misma corriente tendía a hacerlo descender al chocar “de pecho” contra él. Estas dos tendencias daban como resultante, según Leonardo, el movimiento horizontal sin batir de alas.

Cuando se propuso escribir el “*Trattato degli Uccelli*” — el Tratado de los Pájaros — que debía serle útil para construir su “*uccello strumentale*”, entraba en un campo inexplorado porque, por no citar algunas tentativas frustradas, el único antecedente era la paloma mecánica de Arquitas de Tarento (440-360 a. C.), la cual, aunque no tuvo influencia en los mecanismos y en los estudios de Leonardo, merece ser señalada como primera realización de vuelo mecánico; y, además, por haber sido ideada por un genio casi tan universal como Leonardo, puesto que — como se recordará — Arquitas era ingeniero, naturalista, filósofo, matemático, estadista, oceanógrafo, estratega y astrónomo.

“Arquitas tarentino construyó una paloma de madera que podía volar, pero si caía no se levantaba más porque el mecanismo terminaba allí”. Esto dice Favorino, filósofo del Siglo I y autor de dos obras: “*Varias Historias*” y “*Comentarios*”. Ambas obras se han perdido, y el pasaje anterior se conoce porque lo refiere Aulo Gelio en “*Noches Aticas*” (L. X. - C. 12). Aulo Gelio da una explicación del sistema que empleó Arquitas, pero lo sibilino de la explicación la hizo interpretar de diferentes modos.

“*Ita erat scilicet libramentis suspensum et aura spiritus inclusa atque occulta concitum*” — dice textualmente Aulo Gelio; lo cual, según Bernardino Baldi, quiere decir “estaba tan bien equilibrada (la paloma mecánica) y movida por el aire oculto y encerrado”; y según Guillermo Schmidt quiere decir que la paloma tenía un contrapeso (libramentum) que comunicaba por medio de palancas con las alas y con el cuerpo de la misma paloma, donde se introducía aire comprimido; al abrir una válvula salía el aire comprimido e impulsaba el contrapeso que hacía mover las alas y subir el aparato. Es claro que terminada la salida del aire terminaba también el vuelo de la paloma, que “si caía no se levantaba más” — según Favorino.

No nos detendremos en las otras interpretaciones del trozo de Aulo Gelio porque nos alejaríamos del tema; lo anterior sólo sirve para indicar cuál ha sido y desde cuánto tiempo data el primer dispo-

sitivo más pesado que el aire capaz de levantar el vuelo, y cuál era el único pájaro mecánico que se había ideado veinte siglos antes que Leonardo escribiera el Tratado de los Pájaros con el objeto de proyectar "l'uccello strumentale" para surcar las vías del cielo.

"Divide el Tratado de los Pájaros — escribe — en cuatro libros: de los cuales el primero sea el del volar por el batir de alas; el segundo, del vuelo sin batir de alas y por fuerza del viento; el tercero, del volar en común, como pájaros, murciélagos, peces, (otros) animales, insectos; último, del vuelo instrumental". (K. 3 a).

"A querer hablar de tal materia necesitas en el primer libro definir la resistencia del aire; en el segundo, la anatomía del pájaro y de sus plumas; en el tercero, las operaciones de tales plumas por los diferentes movimientos; en el cuarto, la fuerza de las alas y de la cola". (F. 41 b).

La iniciación del estudio, por consiguiente, era "definir" la resistencia del aire. Ya hemos hablado en un capítulo anterior de las observaciones de Leonardo relativas a la resistencia del aire y hemos recordado que la Mecánica aristotélica suponía que el movimiento de un móvil era mantenido por la fuerza transmitida por el móvil al aire, el cual, comprimiéndose detrás del móvil, favorecía el movimiento.

Después de haber admitido esta teoría aristotélica (*antiperistasis*), Leonardo la rechaza y la combate. "No es la compresión del aire que está detrás de él lo que empuja el pájaro — afirma Leonardo — sino el impulso que mueve el pájaro hacia adelante es el que tira el aire detrás de él y abre y rechaza el mismo aire que actúa como vaina". (E. 53 a).

Unos veinte años antes, en 1487, había enunciado por primera vez el principio de reciprocidad fluidodinámica, principio que si no es exactamente la ley de la acción y reacción está estrictamente ligado a ella. "Tanta fuerza se hace con la cosa contra el aire, cuanto hace el aire contra la cosa" — afirma Leonardo. Y agrega: "Tanto hace el movimiento del aire contra la cosa fija cuanto hace el movimiento del móvil contra el aire inmóvil". (C. A. 381 b). (C. A. 315 a).

Y el principio se extiende al movimiento en el agua, porque "en todos los casos del movimiento, el agua tiene gran conformidad con el aire". (C. A. 61 a). Por eso, "en cuanto al movimiento del agua, tanto da mover el remo contra el agua inmóvil como el agua contra el remo inmóvil". (C. A. 175 a).

Por esta "conformidad", el peso que desciende en el agua (Br. M 10 a) se relaciona con los cuerpos que caen en el aire. "Haz mañana — escribe — figuras de cartón de varias formas que caen en el aire, y después dibuja las figuras y los movimientos de cada una en varias partes del descenso". (C. A. 371 a).

Esta anotación es de la época comprendida entre el 1488 y 1490; en 1909, es decir más de cuatrocientos años después, el ingeniero Eiffel

seguía, sin saberlo, los consejos de Leonardo: estudiaba los descensos de los cuerpos en el aire dejándolos caer desde la torre que lleva su nombre y resumía sus experiencias en una obra que tiene por título: "Recherches Expérimentales sur la Résistance de l'air exécutés a la Tour Eiffel".

Naturalmente, estos estudios preliminares (C. A. 66 b). (E. 74 a), (G. 73 b) en que Leonardo emplea por primera vez el método que se llamará después "cronográfico" eran incompletos porque sólo se referían al movimiento de los cuerpos en el aire calmo. En 1508 Leonardo quiere completarlos y anota: "Antes que tú escribas sobre los (animales) voladores, haz un libro de las cosas insensibles que descienden en el aire sin viento y otro que descienden con viento". (F. 53 b).

Y como "para dar la verdadera ciencia del movimiento de los pájaros es necesario dar primero la ciencia de los vientos" (W. 12657), agrega: "Defines en primer término el movimiento del viento y después describe de qué modo los pájaros se gobiernan en él". (E. 54 a).

Pero el viento es invisible y el estudio de los movimientos del aire sería dificultoso; para que fuesen más "sensibles", Leonardo recuerda que "en todos los movimientos el agua tiene gran conformidad con el aire" y advierte que abordará la ciencia de los vientos mediante los movimientos del agua, "y esta tal ciencia sensible será como una escalera (*fará di sé scala*) para llegar al conocimiento de los (animales) voladores en el aire y el viento" (E. 54 a).

Relaciona los movimientos *revertiginosi* —vorticosos— del agua con el aire, los eterniza en sus espléndidos dibujos, establece la formación de movimientos vorticosos de eje horizontal entre las montañas y los lugares bajos, estudia las corrientes ascendentes verticales y observa que para evitar aquellos remolinos "los grandes pájaros deben volar alto". (C. A. 308 b)

A fin de "conocer mejor los vientos" —*per cognoscere meglio i venti*— inventa un anemoscopio (H. 100 a), un anemómetro a paleta al lado del cual escribe: "Instrumento para conocer las cualidades y densidades (*grossezze*) del aire y cuándo lloverá (*e quando á a pióvere*). Aquí es necesario un reloj que marque las horas, minutos y segundos para medir cuanto camino se hace por hora, con el recorrido del viento". (C. A. 249 b); y, además, un anemómetro diferencial (Br. M. 241 a).

El anemómetro a paleta se componía de una lámina rectangular suspendida en uno de sus lados menores; la presión del viento la hacía girar de un cierto ángulo y el lado opuesto al primero indicaba sobre una escala graduada la velocidad del viento.

El anemómetro diferencial, ideado para las corrientes aéreas y líquidas, estaba formado por dos conos huecos; cada cono tenía en el vértice una abertura situada frente a las palas de una rueda de eje horizontal, y cuyo giro levantaba un peso. Cerrando alternativa-

mente uno de los dos conos, podían compararse las intensidades de las corrientes de aire o de agua que salían por la abertura observando qué peso era capaz de levantar la rueda en cada caso.

Utilizando un procedimiento ideado por Niccoló Da Cusa y por León Battista Alberti, Leonardo proyecta un higrómetro y en el dibujo escribe: "Modo de pesar el aire y de saber cuándo cambiará el tiempo" (B. N. 2038.21 a).

El higrómetro se componía de un brazo que oscilaba alrededor de su punto medio y en cuyos extremos se colocaban dos sustancias de diferente grado higroscópico; la humedad del aire aumentaba el peso de una de ella más que el de la otra y esto provocaba la inclinación del brazo. El valor de la inclinación, y por consiguiente la humedad del aire, se medía sobre un círculo graduado.

Otro higrómetro, fundado en el mismo principio, se componía de una balanza en cuyos platillos se colocaban las dos sustancias higroscópicas. (C .A. 249 b)

Indudablemente nuestros servicios meteorológicos son mucho más perfectos, nuestros instrumentos mucho más exactos, la red de observatorios meteorológicos se extiende sobre todas las regiones civilizadas del globo; y, sin embargo, debemos confesar que en cuanto al conocimiento del futuro, en cuanto a la previsión de "cuando cambiará el tiempo", de "*quando á a pióvere*", no hemos adelantado lo que esperábamos, y nuestros conocimientos y nuestras previsiones, comparados con los que podía obtener Leonardo con sus instrumentos, son *del mismo orden de magnitud*.

Y del mismo *orden de magnitud* son también nuestros conocimientos modernos sobre el vuelo de los pájaros con batir de alas, cuando los comparamos con los que expone Leonardo. Porque el problema de hallar la curva que describe un punto cualquiera del ala de un pájaro en vuelo es de tan difícil solución para nuestra Mecánica moderna como lo era para la Mecánica de Leonardo.

La idea más elemental que se presentó a la imaginación de los primeros precursores de la aviación fué la construcción de un aparato que imitara el vuelo de los pájaros batiendo las alas. Ningún inventor de un vehículo terrestre habría imaginado proveer a ese vehículo de dispositivos que imitaran el andar de un animal terrestre; sin embargo, los primeros inventores de vehículos aéreos trataron de construir mecanismos que imitaran el vuelo de los pájaros por batir de alas.

"Puede hacerse un instrumento para volar con él si alguien, sentado en el centro del instrumento, mueve una máquina por medio de la cual las alas artificiales golpeen el aire en el mismo modo que lo golpea el pájaro que vuela". Esto es lo que había dicho Roger Bacon en el Siglo XIII; y esto es también lo que trataron de poner en práctica seiscientos años después los constructores de ornitópteros

—o de aparatos que debían volar batiendo las alas. Es lógico, pues, que también a este procedimiento debían tender los primeros estudios de Leonardo.

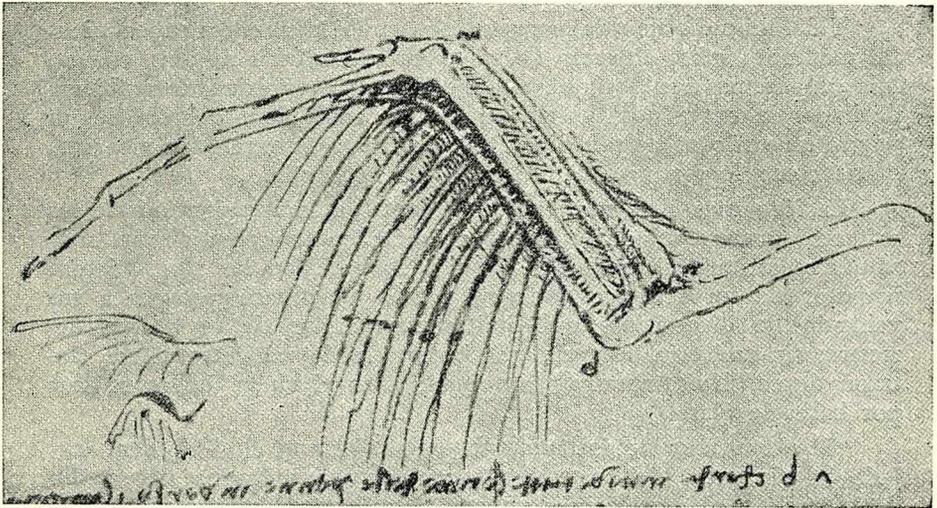
Y, como si quisiera convencerse de la posibilidad del vuelo “instrumental” por batir de alas, en los mismos apuntes en que enuncia el principio de reciprocidad fluidodinámica, agrega:

“Mira las alas que al golpear contra el aire sostienen la pesada águila a gran altura cerca del elemento del fuego donde el aire es poco denso (*sottile*). Mira también cómo el aire en movimiento sobre el mar, al impulsar las infladas velas, hace correr la pesada nave. Así que por estas demostrativas y dadas razones, podrás comprender cómo el hombre, con alas grandes y convenientemente dispuestas, haciendo fuerza contra el resistente aire y vencéndolo, podrá dominarlo y elevarse a gran altura”. (C. A. 381 b).

Sin embargo, no parece estar muy convencido del razonamiento, porque más adelante añade, hablando, como siempre, consigo mismo:

“Harás la anatomía de las alas de un pájaro junto con los músculos del pecho, motores de estas alas. Y lo mismo harás del hombre a fin de mostrar la posibilidad que tiene el hombre para sostenerse en el aire con batir de alas”. (C. A. 45 a)

Hace la anatomía del ala sin plumas, estudia el efecto de las plumas (E. 51 a) y descubre la función del álula —o ala bastarda— es decir del primero de los tres dedos que corresponden a la mano del pájaro transformada en ala.

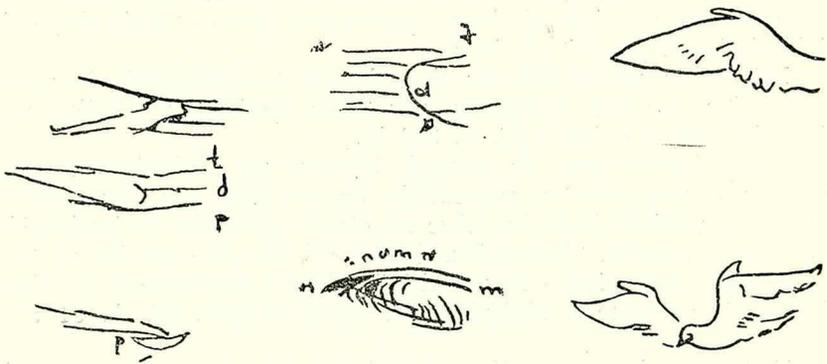


Anatomía de un ala y movimientos de las plumas.

En nuestros aviones la función del álula es desempeñada por los extremos móviles de las alas (alergones), cuya primera idea data del 1897 y se debe a los estudios de Mouillard. Leonardo atribuye el invento de los alergones a la *ingeniosa Naturaleza*, que ha creado los timones puestos en los *húmeros* de las alas para cambiar más fácilmente la dirección del vuelo en el “furioso” volar de los pájaros; ya que “la Naturaleza encontró más cómodo mover una pequeña parte del ala que toda ella, y esto lo consiguió disponiendo plumas pequeñas y muy duras que superponiéndose se arman y fortifican entre sí con maravillosa potencia”. Las cuales plumas —continúa diciendo Leonardo— “están colocadas sobre un pequeño hueso dispuesto en el *húmero* semejante al pulgar en la mano del hombre, que estando en el centro de cuatro nervios que lo circundan en la base, adquiere, por medio de éstos, infinitos movimientos, tantos rectos como curvos. Y, del mismo modo que un pequeño movimiento del timón hace desviar el recorrido de una gran nave, así un pequeño movimiento del hueso del álula puede desviar al pájaro de su recorrido” (E. 52 b).

Compara el movimiento de las alas a los brazos de un nadador: “El nadar sobre el agua enseña a los hombres cómo hacen los pájaros en el aire” (C. A. 66 a). Y agrega: “Cuando dos fuerzas chocan, siempre la más veloz es rechazada hacia atrás; y así hace la mano del nadador que choca y se apoya en el agua, y hace huir el cuerpo hacia el sentido contrario. Y así hace el ala del pájaro en el aire.” (F. 41 b).

Es claro que hay una diferencia; porque si la mano del nadador se moviera siempre *dentro* del agua como el ala del pájaro se mueve *siempre* dentro del aire, el nadador no avanzaría nunca. Pero la *ingeniosa Naturaleza* ha dispuesto las cosas de modo que la parte in-



Estudio de los movimientos de las alas e influencia de las álulas.

ferior de las alas y de las álulas es cóncava y la parte superior convexa, para que ambas —alas y álulas— sean más fácilmente levantadas que bajadas, porque cuando el pájaro quiere bajarlas encuentra en el aire una resistencia mayor. (E. 46 a).

Leonardo estudia el movimiento de las plumas durante el vuelo, las distintas posiciones que ocupan el centro de presión y en centro de gravedad para que el pájaro conserve el equilibrio, y mide experimentalmente la fuerza ascensional que puede desarrollar el movimiento de un ala en distintos pájaros.

A fin de calcular la superficie necesaria para el vuelo mecánico, pesa varias clases de animales voladores, mide la abertura de las alas y observa que no hay una proporción simple entre el peso y la abertura de alas.

“Digo, si el murciélago pesa 20 onzas (Kg. 0,566) y abre media braza (m. 0,30), el águila en comparación debería abrir 60 brazas (m. 36) y no menos; y vemos por experiencia que esa abertura no es mayor de 3 brazas (m. 1,80)”. (B. 89 b)

Deduce de sus medidas, como primera aproximación, que la abertura de las alas —medidas en brazas— es igual a la raíz cuadrada del peso-medido en libras.

“El *anigrotto* (grulla) abre brazas 5 y pesa 25 libras” (C. A. 302 b), y “abre 5 brazas y las alas son anchas $\frac{3}{4}$ de braza”. (C. A. 307 b)

En consecuencia, un aparato volador que pesara 400 libras —o sea kg. 135,80— debería tener una abertura de alas mínima de 20 brazas.

Después de numerosas observaciones, cálculos y dibujos, proyecta un ala de prueba formada por un armazón de madera *debajo* del cual debía extenderse la superficie sustentadora, la cual se componía de dos clases de tela: la más próxima al borde anterior debía ser de tafetán encolado; la más cercana al borde anterior, de fustán, también encolado, para que el aire no pasara por ellas —“*acció che l'aria di leggieri non fuggá*”. (B. 74 a).

Más tarde modificará ese tipo de ala transformando la armadura rígida por otra compuesta por trozos acodados y móviles, maniobrados por el aviador (C. A. 308 b).

Como instrumento de control, inventa un inclinómetro compuesto por una esferilla suspendida de un hilo que, conservando siempre la vertical, indicaba sobre un círculo graduado la inclinación del aparato volador. “Esta esfera dentro del círculo —escribe al lado del croquis ilustrativo— te permitirá guiar el instrumento en línea recta hacia adelante u oblicuamente, según deseas”. (C. A. 31 a)

Y después de sus estudios preliminares relativos a la resistencia del aire, a las corrientes, a los vientos, a las alas de los pájaros, a las alas de prueba, y a los timones, dibuja los primeros tipos de pájaros mecánicos. En uno de ellos el hombre debía fijar las alas a sus espal-

das y maniobrarlas por los movimientos de las manos y de los pies (B. 79 a). En otro, el hombre, tendido horizontalmente sobre un armazón trapezoidal y fijo a este armazón por medio de anillos, movía con las manos dos manubrios y con los pies dos pedales: las primeras levantaban las alas, los segundos las bajaban. (C. A. 276 a). Cuatro siglos después de Leonardo, los primeros aviadores también maniobraban tendidos horizontalmente sobre los primeros aviones rudimentarios.

Más tarde Leonardo considera que la posición horizontal no es la más cómoda y dispone el hombre en posición erecta. “Yo sostengo —dice— que la posición vertical es la más conveniente, porque la máquina nunca puede volcar y, por otra parte, la costumbre hecha por el continuo uso así lo exige. Las manos quedan libres y el movimiento de ascenso y descenso se producirá por el levantar y bajar las piernas. Si, en cambio, estuvieras tendido, necesitarías más fuerza en las uniones de los muslos para aquellos movimientos”. (C. A. 276 b).

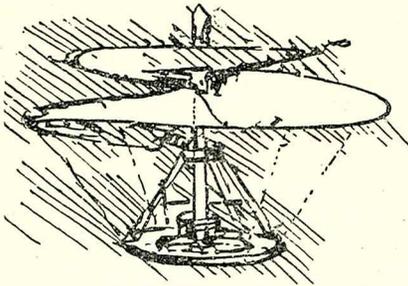
Proyecta entonces una gran máquina aérea con una navicilla de 12 metros de ancho y 3 metros de profundidad, y con un tren de aterrizaje de más de 7 metros de altura formado por escaleras inclinadas y móviles para recojerlas durante el vuelo. El aeronauta, en posición erecta y en el centro de la navicilla, debía mover dos pares de alas de 24 metros de envergadura.

Calcula que con la cabeza y con las manos se puede desarrollar una fuerza de 600 libras —200 con la cabeza y 200 con cada una de las manos— y que esta fuerza total de 600 libras, equivalente a unos 200 kg., bastaría para el movimiento de las alas. “Y el mover de éstas —escribe— será en cruz, semejante al andar de un caballo. Y por eso afirmo que es mejor que ninguno”. (B. 79 a)

Para substituir el trabajo muscular por el trabajo mecánico, dispone en el “*uccello strumentale*” un motor a resorte (C. A. 314 a) semejante al dispuesto en su automóvil y en su barco a palas; pero, en un cuarto proyecto de máquina aérea vuelve otra vez al motor muscular (C. A. 276 b), y en los últimos años del siglo XV termina el primer período de sus proyectos para el vuelo mecánico, período caracterizado principalmente por el estudio del vuelo por el batir de las alas y por dos inventos que debían tener en el futuro una vastísima aplicación: el paracaídas y la hélice como órgano de propulsión.

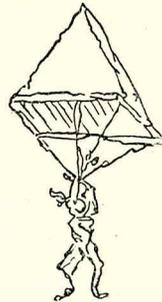
“Si un hombre tiene un pabellón de tela que tenga 12 brazas por lado y sea alto 12 brazas (m. 7,20), podrá arrojarse desde cualquier altura sin daño para sí” — escribe al lado de un croquis explicativo de un paracaídas piramidal. (C. A. 381 b)

Al paracaídas agregará más tarde los consejos para evitar los accidentes y el peligro de destrucción de la máquina — “*per fugire il pericolo della ruina*” (Trn. Mz. 8 a) (Trn. Mz. 13 b).



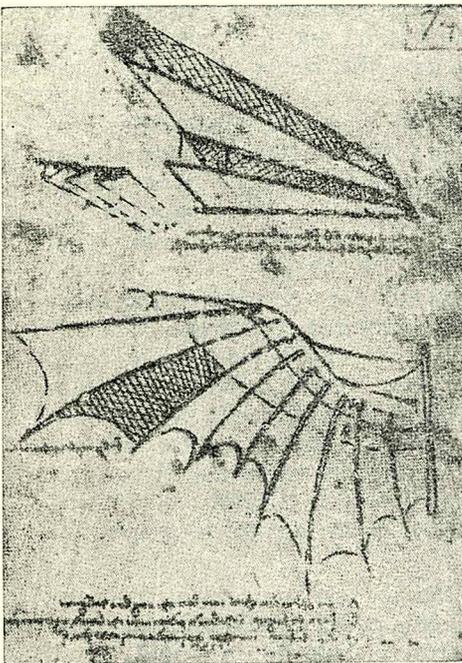
La hélice aérea

B. 83 b



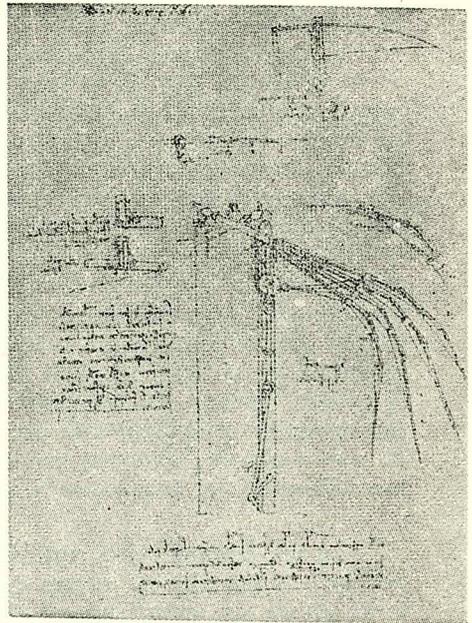
El paracaídas piramidal

C. A. 381 b



Proyecto de un ala

B. 74 a



Nervaduras articuladas para un ala

C. A. 308 b

Los accidentes —dice— pueden sobrevenir por dos causas: o por el vuelco o por la rotura de la máquina. Lo segundo se evita con la buena construcción; lo primero, elevándose a gran altura porque, cualquier inconveniente que se presente, siempre hay tiempo de restablecer el equilibrio. Además, aconseja también proveerse de odres en forma de rosarios, para que en caso de caída el aviador no se hiciera daño —“acciocché cadendo non si faccia male”— (Trn. Mz. 17 a).

Aproximadamente a la misma época (1486-1490) pertenece otro dibujo que representa una hélice de eje vertical; al lado del dibujo Leonardo escribe: “Instrumento hecho a tornillo, que girando con rapidez se hace la tuerca (*si fa la femina*) en el aire y sube en alto. (B. 83 b).

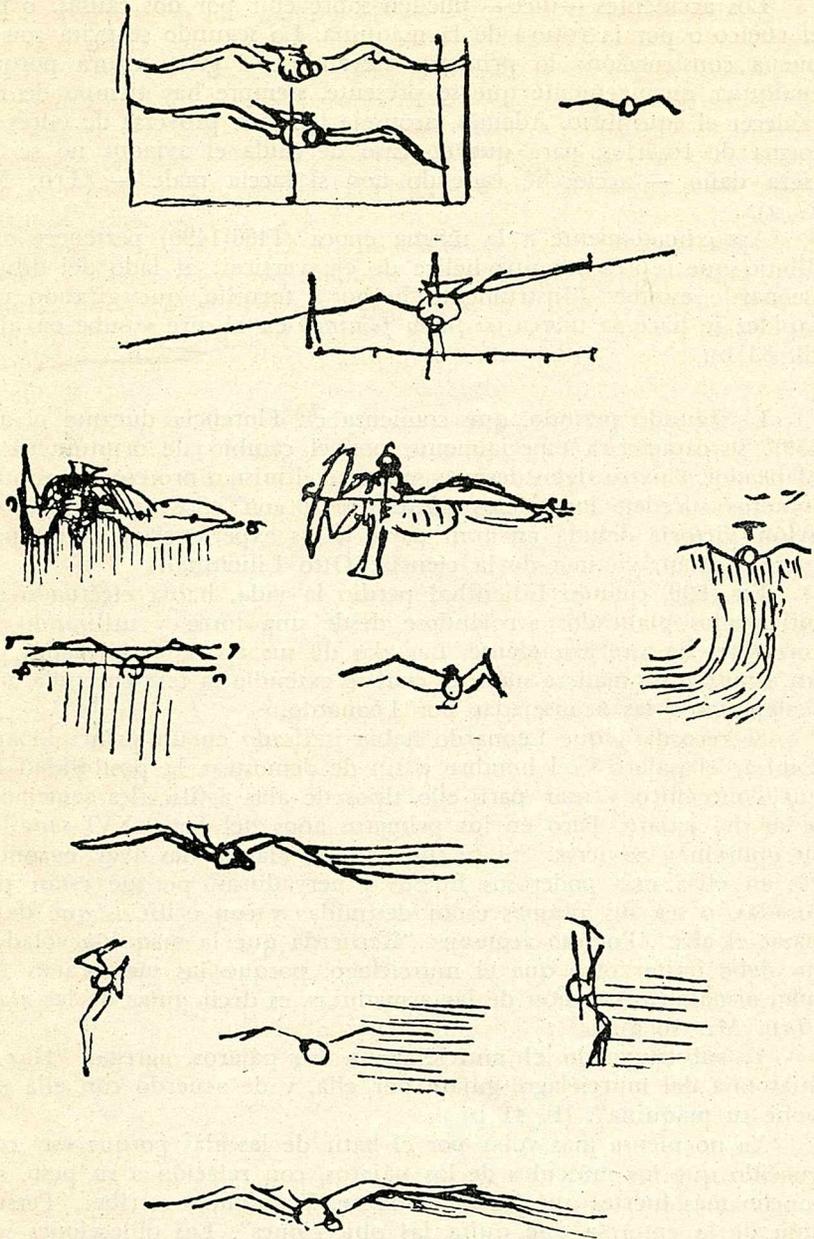
El segundo período, que comienza en Florencia durante el año 1503, se caracteriza especialmente por el cambio de ornitóptero en planeador. Cuatro siglos después se repite el mismo proceso: a los ornitópteros suceden los vuelos planeados y con ellos la victoria del avión, victoria debida en gran parte a las experiencias de un ingeniero alemán, víctima de la ciencia: Otto Lilienthal.

En 1899, cuando Lilienthal perdió la vida, había efectuado dos mil vuelos planeados arrojándose desde una torre y utilizando las corrientes de aire ascendente. Las alas de sus aparatos, formados por un armazón de madera *sobre* el cual se extendía la tela encerada eran semejantes a las aconsejadas por Leonardo.

Se recordará que Leonardo había indicado en un principio anatomizar el pájaro y el hombre a fin de demostrar la posibilidad del vuelo mecánico y usar para ello tipos de alas artificiales semejantes a las del pájaro. Pero en los primeros años del Siglo XVI modifica su opinión y advierte: “Si tú imitarás las alas de las aves, encontrarás en ellas más poderosos huesos y nervaduras, porque están perforadas, o sea sus plumas están desunidas y con orificios que dejan pasar el aire”. Por eso aconseja: “Recuerda que la máquina voladora no debe imitar otro que el murciélago, porque las membranas forman armaduras o unión de las armaduras, es decir guías de las alas”. (Trn. Mz. 16 a).

Y, substituyendo el murciélago a los pájaros, agrega: “Haz la anatomía del murciélago, guíate por ella, y de acuerdo con ella dispone tu máquina”. (F. 41 b)

Ya no piensa más volar por el batir de las alas porque está convencido que los músculos de los pájaros, con relación a su peso, son mucho más fuertes que los del hombre. Y entonces escribe: “Persuasión de la empresa que quita las objeciones”. Las objeciones son, naturalmente, que la potencia muscular del hombre es menor que la de los pájaros. Porque los pájaros —argumenta Leonardo— necesitan sus músculos para conseguir una gran velocidad en la fuga o en la persecución; pero “poca fuerza necesitan para sostenerse en el ai-



Movimiento de las alas de los pájaros e influencia del viento.

Trn. 9 a — Trn. 14 a — K. 3 a — C. A. 214 b

re: y para conservar el equilibrio y mantener la dirección les basta pocos movimientos de timón y de alas, movimientos tanto más lentos cuanto mayor es el pájaro". (Trn. Mz. 17 a)

Y para estos pequeños movimientos de alas y de timón modifica sus mecanismos que ya no se necesitan para el batir de las alas.

"Todos los principios de las cosas —dice— muchas veces son causas de grandes efectos; por ejemplo, vemos que un pequeño movimiento, casi imperceptible, del timón tiene la potencia de hacer virar una nave de tamaño maravilloso cargada con grandísimo peso, entre tanta masa de agua que la presiona por todas partes y contra el curso de impetuosos vientos que abrazan sus grandes velas. Entonces podemos estar seguros que los grandes pájaros se sostienen sin el batir de las alas porque los pequeños movimientos de las alas y de la cola son aptos y suficientes para evitar el descenso". (C. A. 308 b)

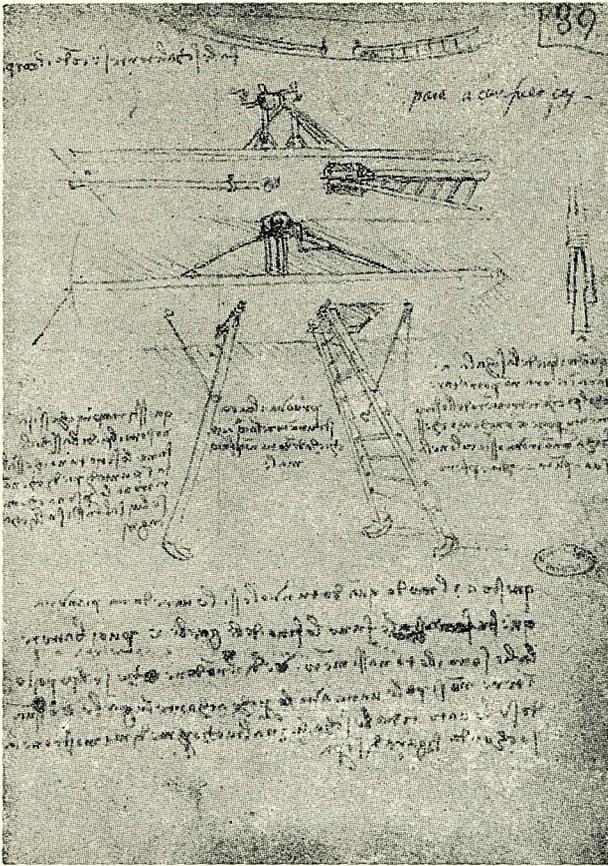
Y ésta es otra razón para que el hombre mantenga la posición erecta dentro de la máquina, porque "está libre de la cintura hacia arriba y le es más fácil mantener el equilibrio (*bilicarsi*) cuando la necesidad lo exige en los cambios de los centros de presión y de gravedad durante el vuelo". (Trn. Mz. 6 a)

Al estudio sobre el movimiento de las alas agrega los relativos a los pequeños movimientos de las áululas, de las mismas alas y de la cola para conservar el equilibrio, y los relativos a las "olas e ímpetu del viento contra los animales volátiles".

Para Leonardo, el viento actúa como cuña del pájaro y provoca su levantamiento. "Nunca se mueve el pájaro en alto si el viento no entra debajo y hace de cuña, empujándolo algo por la dirección del curso del viento". (C. A. 220 a). Es claro que para esto debe suponerse el pájaro fijo a la tierra y no móvil en un aire móvil, porque una cuña no puede actuar como tal sobre un peso que se mueva con ella.

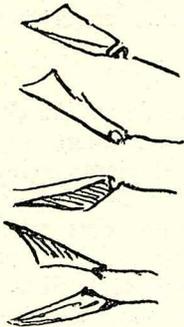
Esta objeción, que pertenece a la Mecánica de principios de nuestro siglo, la planteó también Leonardo y la expone inmediatamente después de su teoría: "Aquí aparece una duda —dice— y la duda consiste en que la cuña no levanta verticalmente la cosa puesta sobre sí cuando la tal cosa no está apoyada de modo que ella no pueda huir delante del golpe junto con la cuña, como en el caso del pájaro que el viento lleva con él". (C. A. 220 a).

Y vuelve a detenerse en el volar del milano, el ave de rapiña del recuerdo de infancia: "El milano y los otros pájaros que batan poco las alas van buscando el curso del viento; y cuando el viento reina en las alturas, entonces se ven a grandes alturas; y cuando reina en los bajíos, ellos están en los bajíos. Cuando el viento no reina en el aire, entonces el milano bate muchas veces las alas en su vuelo, de modo que se levanta en alto y adquiere impulso; después, declinando algo, sigue con ese impulso por un largo trecho sin batir las alas;



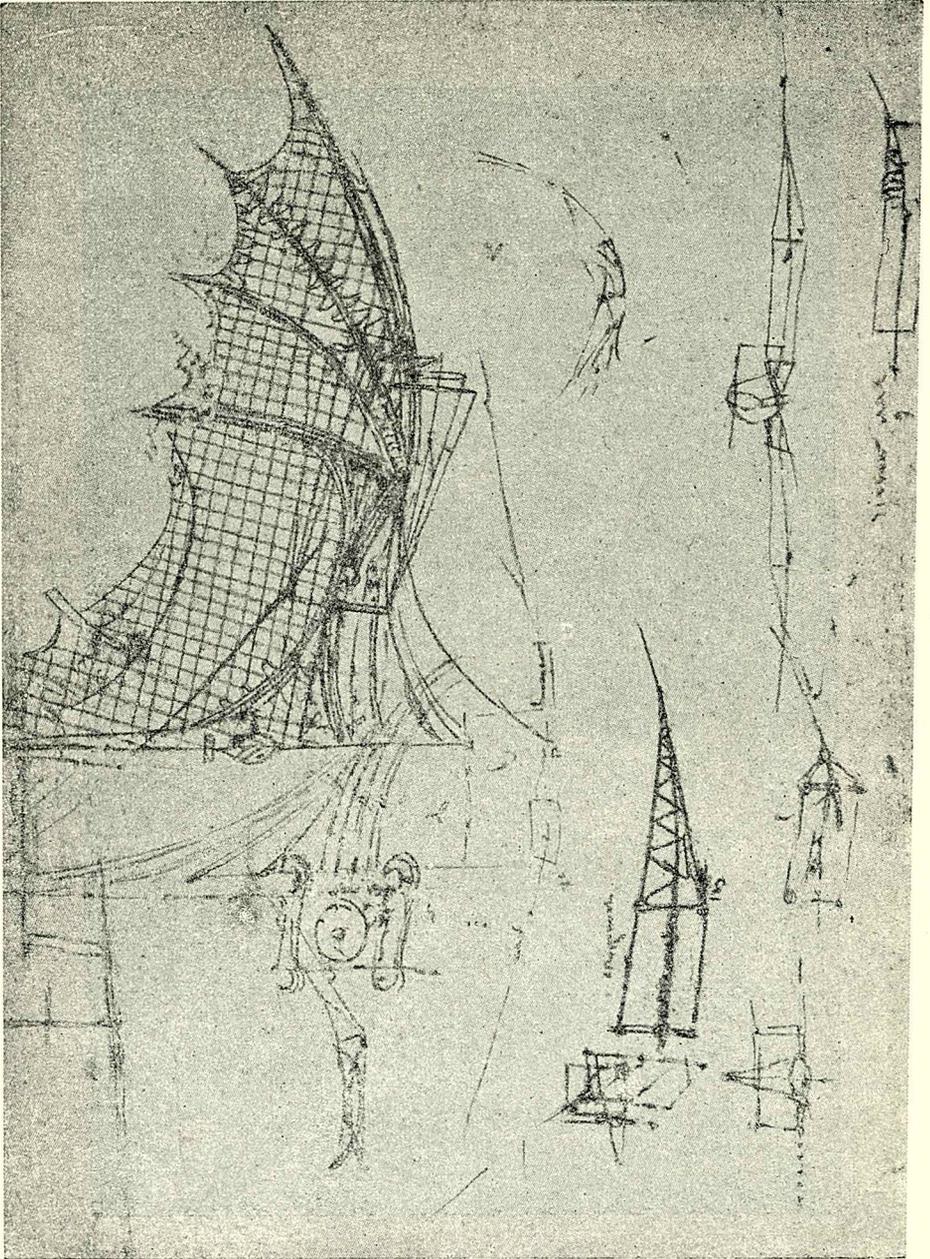
Croquis de un ala volante con escalera móvil

B. 89 a



Estudio de los movimientos de cola para el cambio de dirección.

Trn. 18 b



Proyecto de un ala

C. A. 22 b



AUTORRETRATO DE LEONARDO

Turín. - Biblioteca Real

y cuando ha bajado vuelve a repetir el procedimiento, y así sucesivamente. Y este bajar sin batir las alas sirve para el reposo en el aire después de la fatiga del antedicho batir de alas". (Trn. Mz. 6 b).

Y, después de treinta años de estudios durante los cuales ha planteado el problema de la sustentación del vuelo de los pájaros, ha expuesto la teoría del vuelo mecánico y ha indicado el camino a seguir para el vuelo humano, proyecta su última gran máquina aérea y le otorga un alma que es el alma del hombre. (C. A. 22 b).

"El pájaro —dice en una de sus más bellas páginas— es una máquina que actúa por ley matemática, y está en el poder del hombre reproducirla con todos sus movimientos pero no con tanta potencia. Entonces diremos que a esa máquina compuesta por el hombre no le falta sino el alma del pájaro, la cual debe ser substituída por el alma del hombre. Indudablemente, el alma del pájaro obedecerá mejor a sus miembros que el alma del hombre a los mecanismos separados de ella, y sobre todo en los movimientos casi insensibles que son necesarios para mantener el equilibrio. Sin embargo, como vemos que el pájaro puede proveer a muchas variedades de movimientos sensibles, podemos juzgar por experiencia que estas variedades de movimientos sensibles podrán ser conocidos por la inteligencia del hombre, quien podrá ampliamente evitar la destrucción de aquella máquina de la cual se ha hecho alma y guía". (C. A. 161 a).

El "Dios de las máquinas" infunde su espíritu a la máquina, su criatura, y como un grito de triunfo escribe el vaticinio:

"Levantará el vuelo desde la cumbre del Magno Cécero —del Gran Cisne— llenando el Universo de estupor, llenando de su fama todas las escrituras y de gloria eterna al lugar donde ha nacido." (Trn. Mz. o").

Y el vaticinio se cumple cuatrocientos años después, en la Era de las Máquinas, de los rugientes monstruos de los cuales "el hombre se ha hecho alma y guía".

En el gran anfiteatro comprendido entre los Apeninos y el mar, los cipreses levantan sus cúspides hacia el cielo; y, desde las profundidades de los siglos, la estatua de la Gran Madre mira absorta el lento pasar de sus hijos a través del tiempo.

Y entre esa estirpe de Titanes, que *más que a la humanidad representan a la divinidad misma*, emerge la figura gigantesca de Leonardo, del más glorioso de nuestros Precursores, del gran anciano de barba fluente y de ojos de visionario y de investigador que unió el Universo del Arte con el Universo de la Ciencia y encerró en su mente formidable todas las imágenes del Mundo.

ESTE LIBRO SE TERMINO DE
IMPRIMIR EN LOS TALLERES
GRAFICOS "33" S. A. EL DIA
12 DE AGOSTO DEL AÑO 1957.

