

Primera parte. Introducción a la Tecnología Molinar

LA TÉCNICA

1. Inventores de ingenios

La visión esquemática del progreso material humano nos muestra un acelerado bienestar físico basado en unos pocos inventos como la rueda, la cerámica, las aplicaciones de la energía y la transformación de distintas materias. Son adquisiciones culturales de escasa evolución a las que la práctica cotidiana ha hecho cada vez mas eficaces.

Ruedas que giran, materiales diversos, transmisiones que derivan los esfuerzos y energía para desplazar los sistemas constituyen, en gran medida, las bases de nuestra civilización. El mundo tecnológico actual apoya su enorme complejidad en unas pocas ideas geniales que han permanecido invariables a lo largo del tiempo. Las distintas formas, tamaños y materias aplicadas son ya consecuencia de experimentaciones concretas pero el esquema básico de muchas de las máquinas que hoy usamos fue concebido hace milenios.

En un trozo de arcilla cocida hallado en Mesopotamia por el arqueólogo inglés Charles Singer aparece dibujada, junto a otros caracteres criptográficos, la silueta de un carro. El anónimo autor del grabado vivió los inicios de la civilización urbana, en una de aquellas ciudades del Fértil Creciente donde ya comenzaban a definirse los diseños de nuestro mundo actual: jerarquización, normas comunes de convivencia y ordenación de recursos. Aquel escriba no dibujó una figura caprichosa o al azar sino que, observando la realidad cotidiana del entorno en que vivía, aplicó las cualidades de un ingenio ya en uso a su deseo de transmitir el mensaje para la posteridad.

Cinco mil quinientos años separan a aquel rudimentario cachivache de un moderno automóvil pero, a pesar de los grandes avances tecnológicos conseguidos desde aquellas remotas épocas, el esquema funcional de ambos inventos es el mismo: cuatro ruedas, plataforma portante y dirección movida a voluntad. E incluso la traslación se consigue en los dos casos por la aplicación de la energía solar, bien mediante la fotosíntesis que permite la actividad muscular a través de las cadenas alimentarias o por el empleo de carburantes fósiles aplicados a motores de combustión interna.

Aquella incipiente civilización que posibilitó la utilización del carruaje debió basar sus estructuras organizativas en otras

adquisiciones culturales mas antiguas. La fabricación de un útil implica el manejo de herramientas. Hachas, azuelas, cepillos y sierras, de piedra o metal, se muestran imprescindibles para dar forma a la madera, materia prima fundamental en toda la tecnología antigua. Se puede deducir, por tanto, que el progreso material es consecuencia de una serie de inventos que se apoyan unos en otros a través de los tiempos.

Aún antes, mucho antes del nacimiento de las ciudades-estado donde hubieron de emplearse las primeras herramientas para fabricar artefactos. cuando la humanidad era solo un conjunto de hordas dispersas, seres anónimos descubrieron las primeras utilidades que posibilitaron el progreso: el rodar de troncos y pedruscos, el matar a distancia, anzuelos y agujas, el uso del fuego, entre otras muchas mas. Intuir siquiera quienes fueron los descubridores de aquellos inventos básicos es, lógicamente, imposible pero lo que sí se puede asegurar es que su aplicación social nace cuando alguien, desde una posición de privilegio, pudo usar a sus semejantes, privándoles de su libre albedrío, para desviar los recursos del músculo o el cerebro al mundo mecánico. Vendrán después la utilización de animales esclavos, la fuerza del viento, el carbón, el petróleo y el empleo de la energía nuclear pero los esquemas básicos del desarrollo material ya estaban asentados en los albores de la civilización, es decir, cuando aparecen grupos humanos sometidos a estructuras jerárquicas bajo normas que hoy diríamos de obligado cumplimiento.

Por eso mover máquinas es actividad tan antigua como la propia humanidad. El quehacer útil, la manipulación encaminada a fines concretos y el cachivache operativo son resultados lógicos de actos secuenciales del intelecto humano. Piedras talladas, arcos y cuencos requieren en su fabricación una apreciable capacidad de síntesis y son el fruto anónimo de mentes privilegiadas, es decir, obra de ingenieros que, por propia definición, son personas capaces de diseñar y construir ingenios.

Ingenios e ingenieros aparecen prontamente en la Historia. Ya La Ilíada nombra a Hefáistos como ingeniero del Olimpo y constructor de autómatas. Y Dédalo, generalmente conocido por sus fantásticas alas, inventó al parecer una vaca mecánica para entretener los ocios del rey Minos.

Se tiende a considerar la aptitud para crear ingenios útiles como algo afín a la cultura popular, fruto de necesidades

sociales perentorias. Se idea, se diseña y se aplica cuando hay que adecuar el entorno al presente humano. El hombre observa los seres y las cosas, modifica sus cualidades y las hace operativas posibilitando así el progreso material. Y como antes apuntábamos, es creencia común el atribuir a la masa anónima la paternidad de los hallazgos que hacen la vida humana mas fácil y placentera.

Como todas las generalizaciones, es ésta una verdad a medias porque en la génesis de toda creación subyace siempre un concepto esquemático concebido por hombres capaces de alumbrar una idea genial, una invención revolucionaria. Tras ello vendrán lo cotidiano y el desarrollo funcional óptimo, es decir, las actividades artesanales pero la idea primaria nace siempre en un inventor que fija los principios de la senda a seguir en su posterior desarrollo. Y es aquel, a la postre, el verdadero ingeniero.

2. Ciencias y Trabajo

La ciencia instrumental y la actividad mecánica han sido raramente valoradas por los poderosos del mundo. Tienen su importancia y su rango cuando permanecen en las alturas de la investigación pura, en etapas, digamos, filosóficas, como especie de concesión graciable y adorno del poder instituido. Pero cuando dicha investigación desciende a los niveles de la aplicación, su consideración social decrece. Y ello es debido posiblemente a que la adecuación de la idea a la práctica implica manipulación material y esfuerzo físico, dos actividades consideradas casi siempre como inferiores a las anímicas o intelectuales.

El cerebro y el músculo se presentan con mucha frecuencia como dos mundos antagónicos de difícil acople, objeto de infinidad de estereotipos: deportistas con escaso cacumen, intelectuales prósperos de físico enclenque o fortísimos guerreros incapaces de escribir unas letras. La sociedad establecida siempre ofrece resistencia a los cambios y, por eso, cuando una mente superior concibe ideas que puedan implicar la ruptura con el devenir diario, se da con frecuencia un rechazo universal hacia el autor que, en demasiadas ocasiones, resulta incomprendido por sus coetáneos. Son muchos los ejemplos de inventores que recibieron el repudio de su época. Y de todos es conocida la figura del sabio chiflado y estafalario cuyas manipulaciones tuvieron en su tiempo consideración de inútiles cuando no de obras satánicas y desviaciones peligrosas por lo que fueron perseguidos y anatémizados por los hombres de su tiempo.

Desde que el hombre comenzó a plantearse interrogantes sobre su origen, su destino y los principios elementales que rigen el entorno que percibe comenzó, posiblemente, la dicotomía entre lo especulativo y lo práctico, entre los intentos por comprender las leyes universales y la manipulación prosaica de la materia. Y en esta confrontación siempre llevó las de ganar lo filosófico, el mundo del ocio manual afín a los poderosos que, en todo tiempo, consideraron el trabajo físico como una forma de rutina, de esclavitud nece-

saria para mantener el orden social y el sustento. Rutina y trabajo que, por supuesto, recayeron siempre en las clases mas desfavorecidas.

Este concepto de "universo sin utilidad", de plenitud del ocio, conveniente a ciertos estratos sociales, se ha mantenido durante milenios y es aún válido para sectores de la sociedad. Solo después de considerar el trabajo como valor ético, idea que se desarrolla interesadamente en las revoluciones industriales del Diecinueve, se produce un trasvase desde las capas mas altas, generalmente ociosas, al mundo laboral. Pero siempre en cargos de gestión y gerencia que son actividades dirigentes, de conducción de masas, como en el pasado. En lo mas íntimo del ser humano está el considerar el trabajo, el trabajo rutinario se entiende, como algo no grato que realizamos por necesidad en la esperanza de poder ser liberados de él algún día.

De ahí la baja categoría social que tuvo desde los inicios de la civilización. Considerado como actividad ruin, propia de esclavos y siervos, la Historia de todos los pueblos nos ofrece una panorámica general de gentes ociosas que, encima, tratan con desprecio a los que les mantienen.

Los ejemplos al respecto son numerosos. Toda la mitología helénica se construye sobre dioses que entretienen su aburrimiento fastidiando a los mortales. Entre aquellos, Hefáistos, el Vulcano romano, único de ellos que trabaja, es feo, deforme, cojo y además su divina esposa le adorna la frente entre la rechifla general de todo el Olimpo. Es el espejo de una sociedad, la griega, que nos legó sus principios eternos porque gracias a la gran injusticia de cargar sobre la masa esclava todo el peso del trabajo pudo dedicar a un sector de sus hombres libres a mas honrosos menesteres.

Para los egipcios, el arte de la escritura era una meta deseable no con el fin de ennoblecer el espíritu sino para alejarse del artesano maloliente y zafio. Tras la muerte, el difunto pide ayuda a las figurillas mágicas (amuletos) por si, en el Mundo Inferior, es condenado a ejecutar trabajos, a sembrar, a llenar de agua los canales o a transportar arena.

En la Escuela de Alejandría, Filón, Euclides y Hero se consideraban ante todo filósofos que descargaban la aplicación práctica de sus asombrosas concepciones en hábiles artesanos a su servicio. Y Arquímedes, paradigma de inventores, consideraba al trabajo, es decir, la aplicación práctica de las ideas al mundo manual, como una actividad innoble y vulgar, poco apropiada a los hombres libres, idea que también recoge, ya en el Renacimiento, el mismo Leonardo para quién la ciencia mecánica era nobilísima en cuanto a concepción. Sus dudas surgían en la aplicación, en los efectos manuales.

La Historia de España abunda también en citas peyorativas del trabajo. Valgan algunos ejemplos para no hacer la lista interminable:

El infante Don Juan Manuel opinaba que el estado de los menestrales, a causa de su “mengua de entendimiento”. tiene muchas posibilidades de condenación eterna.

Una Pragmática de tiempos de Juan II decía que en los oficios “serviles” tales como carpinteros, barberos, herradores, sastres, carniceros... “et semejantes destos...que pueden trabajar y servir con las manos...non hay dignidad ni tienen lugar onrrado”. A pesar de desvirtuarse por la acción del tiempo, la disposición tuvo fuerza legal hasta que, el 18 de Marzo de 1783, Carlos III declaró por Cédula del Consejo de Castilla la honestidad y honradez de todos los oficios, especificando que solo causan vileza la ociosidad, la vagancia y el delito.

Pedro Ortiz de Cisneros, el Padre Ribadeneira, en su *Flos Sanctorum*, se refiere a los hermanos legos que...se contentan con la suerte de Marta...y realizan los oficios comunes, descargando a los demás del trabajo. También Quevedo infravaloraba los oficios mecánicos, considerándolos inferiores a los valores del espíritu.

3. La Sociedad Religiosa

Parece una contradicción que una sociedad basada en el Cristianismo igualitario se estructure en clases cerradas donde solo una, la mas baja, sustenta todo el peso del trabajo. No lo es tal si consideramos que en el concepto de ganar el pan subyace la idea de maldición divina. Pasada la fase apostólica -id y predicad la buena nueva-, la Iglesia se construye jerárquicamente siguiendo la filosofía política de Platón que preconiza la rigidez de las clases sociales. La patrística considera la experiencia manual como algo necesario para transformar la tosca materia en orden al servicio humano y poco mas. Importan el intelecto y, sobre todo, el alma. Para San Agustín, preocupado sobre todo por las cosas de Dios, la ciencia y lo empírico son actividades inferiores del ser humano, necio orgullo que distrae la pura actividad intelectual en detrimento de la verdad absoluta del alma. No salgas por la puerta -nos dice- pues la verdad habita en el corazón de los hombres.

De aquellas épocas nace cierto determinismo al tratar de explicar lo inexplicable entonces mediante un “Dios lo quiere” tranquilizador con reminiscencias bíblicas. Espiritualidad sin fisuras. Es una concepción despreciativa para las cosas terrenales la que impregna la mayoría de las conductas vitales del medioevo cristiano por lo que no es extraño que si esa filosofía dominaba en las edades llamadas de tinieblas, la vida de sus gentes se desarrollara entre hambrunas y terrores, ajena al desarrollo tecnológico del que el mundo islámico era pionero entonces al recoger y perfeccionar toda la inventiva mecánica de la Escuela de Alejandría.

Han de pasar muchos años para que, basándose en el análisis escolástico, el Cristianismo derive hacia actitudes mas prácticas y operativas. La Iglesia comienza a considerar el trabajo como objeto de remisión de culpas cuando lo rela-

ciona con el estigma del pecado original por las connotaciones de sudor, humillación y sufrimiento que conlleva la figura de Cristo en el Calvario. Se recuerda, valorando esa realidad en su justa medida, que el Salvador pasó gran parte de su humilde vida entre garlopas y serruchos. Y aparecen, con inquietudes reformistas, ordenes religiosas que centran su vida en el “*ora et labora*” de la paz monacal.

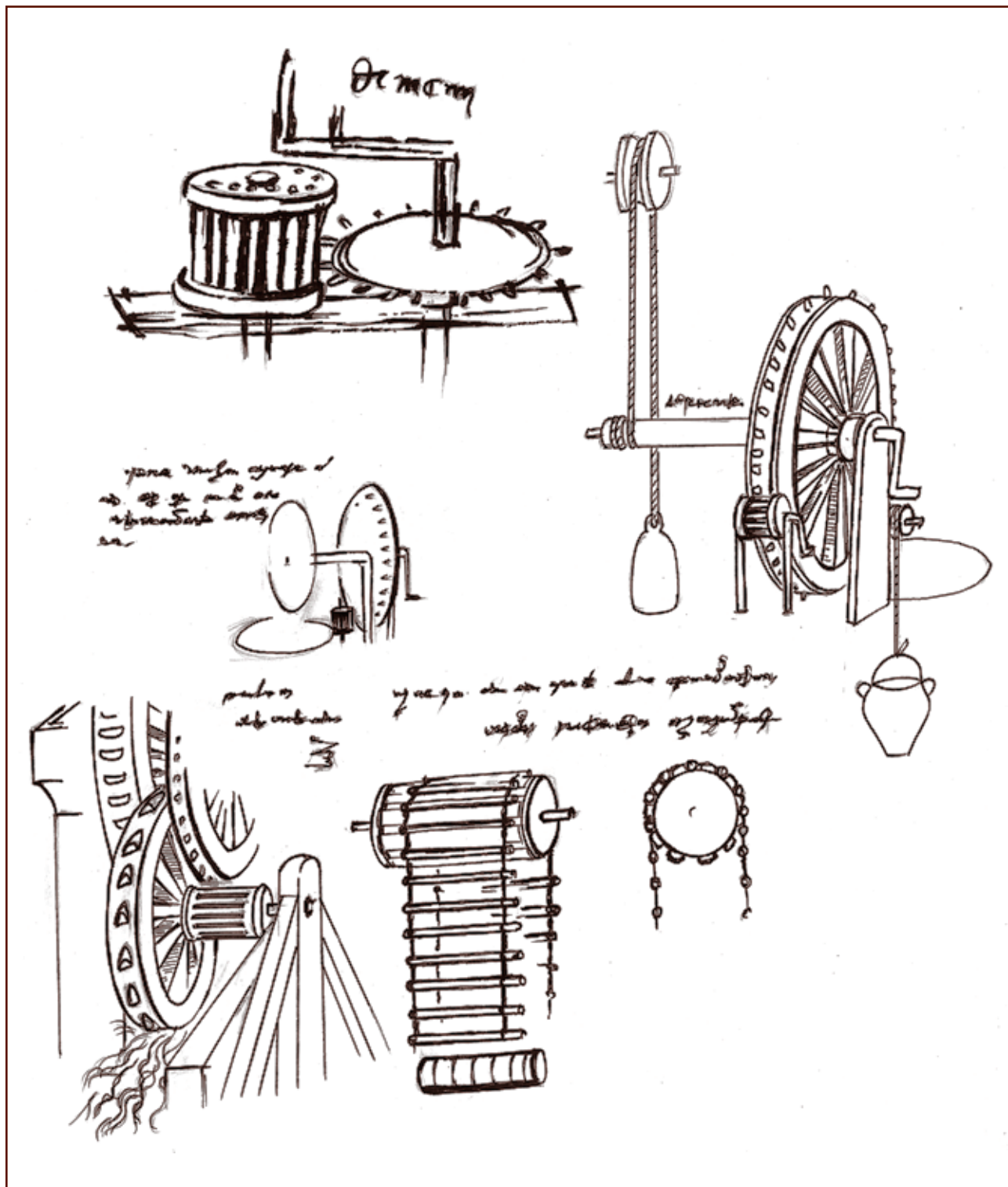
También en los monasterios se supedita el trabajo a lo anímico. Laborar no es el fundamento de un mundo físico mas amable sino camino espiritual al que se ordena todo el entorno humano que se convierte así en instrumento de salvación. Recordemos la leyenda del oso que, por matar al buey con que labraba Toribio de Liébana, es condenado al yugo de por vida. Y la imprecación del santo: Ciego agente de la naturaleza bruta, que intentas despojar al hombre de los medios que su inteligencia se procura para obedecer a Dios vivo...

El mundo feudal no fue ajeno a esta filosofía pero supo encauzar los beneficios del colectivismo y la aplicación de las energías de entonces para acaparar los excedentes de la riqueza originada por el trabajo de los siervos y menestrales. Bajo una perspectiva tecnológica, las edades medias van a posibilitar cierto desarrollo interesado, haciendo útiles y aperos cada vez mas complejos siempre bajo las directrices de las clases dominantes. Pero esa misma complejidad posibilitó la figura del técnico cualificado. La palabra ingeniero aparece en El Rimado de Palacio de López de Ayala, en pleno feudalismo castellano, un tiempo histórico donde los gremios estaban ya definidos.

La Iglesia había tenido su revolución desde abajo en forma de nuevas órdenes y, sobre todo, al aplicar en las bases sistemas de vida mas conformes con el mensaje evangélico y cuya guía van a ser los sencillos monjes. Para ellos, el trabajo no es ya una maldición embrutecedora sino una vía para alcanzar la felicidad eterna. Monjes copistas, monjes hortelanos, monjes hospitalarios que, con sus rezos y continuos trabajos, posibilitaron con sus formas de vida la curiosidad empírica, único camino del progreso técnico. Es probable que en la paz de aquellos monasterios reformados, entre cálamos, azadones y sierras, instrumentos todos aportados por Roma desde el Oriente cultural primigenio, comenzara una revolución laboral basada en el orden, la eficacia y la investigación. Tras su paso por el mundo gremial, cristalizaría, siglos mas tarde, en las sucesivas revoluciones, tanto sociales como tecnológicas, que han posibilitado nuestro tiempo.

El Renacimiento, que fue la “renascencia” de las artes y, en cierta medida, de la política y de la guerra, no supuso, objetivamente analizado, un avance tecnológico. Y esa situación respecto a los ingenios se prolongó hasta el siglo XVIII. Hay, efectivamente, progreso y aplicaciones prácticas pero basadas siempre en la mayor complejidad de las máquinas, no en revolucionarios inventos. Siguió usándose básicamente la madera y el hierro como materias primas y en las

DIBUJO 1



MECANISMOS HIDRÁULICOS RENACENTISTAS

Dibujos basados en unos esquemas de Leonardo da Vinci.

Las poleas, linternas, cajales y cadenas cinéticas que aparecen en ellos ya eran conocidas por la Escuela de Alejandría

maquinarias de la época no parece hallarse ningún hallazgo renovador. Claro está que existen enormes diferencias entre los ingenios mecánicos medievales y las concepciones de Leonardo, Turriano -quien, según el abad de Yuste, tenía pactos con el diablo- o Lobato del Campo pero poleas, linternas, levas y ejes, usados en obras capaces de elevar las aguas del Tajo, intentar el vuelo o aprovechar la reacción energética de un chorro de fluido estaban inventadas ya en la época helenística (Dibujo 1; pág. 14). La diferencia solo consistía en la mayor eficacia de los sistemas.

4. La Sociedad Industrial

Es sabido que gran salto adelante que ha lanzado a la humanidad a un acelerado progreso material se inició en el siglo XIX, con los estadios tecnológicos que posibilitaron, en este orden, el carbón y el hierro, los aceros, la electricidad, los hidrocarburos fósiles y, ya en el siglo XX, el empleo de la energía nuclear y la electrónica. Estas revoluciones industriales, conocidas y analizadas por numerosos autores, se basaron en una previa revolución agrícola porque sin la garantía de un razonable futuro material sería imposible trastocar los cimientos de una sociedad que había vivido durante siglos con la sola esperanza del inmediato mañana. Pero hasta que el hombre no dispuso de energía en gran escala, transportable y barata, capaz de mover motores, no se presentan signos de modernidad en unos sistemas técnicos cuya aplicación de fuerzas al trabajo consistía en lento rodar de ruedas y aspas movidas a sangre, viento o corriente. Sistemas que permanecieron invariables desde los inicios de la civilización hasta finales del siglo XVII.

Es cierto que la energía del vapor de agua fue aplicada anteriormente en la eolípila de Hero y en los cañones diseñados por Leonardo pero estos inventos, de una dudosa funcionalidad, no dejaron de ser simples curiosidades de inviable aplicación técnica en su tiempo. Tenemos que situarnos a finales del Siglo XVII para vislumbrar signos de una nueva época.

Se cuenta que Denis Papin era caritativo, hacía sopas a los pobres y por ello, al comprobar que el vapor levantaba las tapas en las ollas, concibió su célebre marmita. Aquello sucedía en 1690 y ocho años más tarde se construye el primer motor a vapor que, con el nombre de máquina de fuego, se empleó con moderado éxito en elevar aguas de las minas. Su inventor fue Thomas Savery quien, junto al primero, ostenta la gloria de ser pionero de la industria actual. Con ellos comienza claramente una nueva etapa tecnológica que en poco más de tres siglos ha hecho avanzar el progreso material más que en milenios de civilización.

La historia de la tecnología, que tan municiosamente conoce de inventos, de aplicaciones y de ingenios, trata de explicar mediante análisis históricos y filosóficos, sin duda con acierto, los porqués de este acelerado progreso. Y, sin embargo, existe una evidencia que raramente se tiene en cuenta como factor decisivo de evolución y es que la aplicación de carburantes fósiles, hulla y petróleo fundamental-

mente, a máquinas de vapor y motores de combustión interna, supuso un reto constante a la inventiva humana pues la enorme energía disponible necesitó de concepciones diferentes en los campos de la física, la química y la matemática. Las antiguas máquinas, de lenta rotación, podían desarrollar potencias cercanas a los diez caballos como máximo. Y esta situación se mantuvo durante miles de años. A fines del Siglo XVIII, tras un siglo en la experimentación de nuevos materiales y fuentes de energía, se consiguen artilugios a vapor que multiplican por trescientos aquellas potencias y cuyos volantes giraban a cerca de cuatrocientas vueltas por minuto. Ello trajo en consecuencia una apasionante actividad a la búsqueda de nuevas técnicas y materiales capaces de soportar los enormes esfuerzos y tensiones a que eran sometidas las incipientes máquinas.

Todo el Siglo XIX es un acelerado proceso de invenciones por lo que el avance cualitativo tecnológico se muestra impresionante: ferrocarriles, generadores de electricidad, bombas de extracción, automóviles, artefactos voladores, etc. Aparecen los aceros especiales y los instrumentos de precisión como fresas y ajustadoras entre todo tipo de ingeniosas maquinarias. Y en el terreno económico, el desarrollo del capitalismo empresarial, la racionalización del trabajo y la homologación de pesas y medidas. Es un mundo nuevo que rompe bruscamente con el pasado porque cada vez necesitaba menos de sus viejas técnicas.

Las antiguas máquinas siguieron, no obstante, funcionando. Sobre todo, como indicativos de una economía marginal. Habían alcanzado tan perfección que en el Támesis, a finales del XIX, aún giraban ruedas hidráulicas de nueve metros de diámetro abasteciendo de agua a parte de la población londinense y en numerosos ríos europeos, las norias se usaban comúnmente para regar los campos, pero sus días estaban contados. Solo fue necesaria la racional distribución de carburantes, junto a la difusión y abaratamiento de motores, para que quedaran como testimonio residual de un mundo perdido.

La tardía industrialización de España y sus condicionantes sociales, sobre todo en zonas agropecuarias, permitieron la supervivencia de los viejos usos mucho después que en otros países europeos. Aquellos acabaron por desaparecer en nuestro país hacia los años sesenta, tras las hambres de la postguerra, con los inicios de la industrialización, los planes de desarrollo y apertura hacia el resto del mundo occidental. Desde entonces, todo ese sistema industrial que había agonizado lentamente queda definitivamente relegado a los campos de la arqueología, el costumbrismo y el folklore.

LA PANIFICACIÓN

5. Los Cereales

Es probable que dos de las especies vegetales más importantes en la alimentación del hombre occidental tengan un

origen asiático. Trigo y cebada silvestres ocupan todavía la depresión del mar de Aral. Asociado con aquellas, el centeno crece espontáneamente entre los hierbazales, extendiéndose las áreas de distribución natural de estas tres gramíneas hasta algo más al norte, hacia las grandes llanuras meridionales de Siberia. Su expansión, implantación en otras zonas y la creación de variedades son fenómenos artificiales inducidos por el hombre.

Desde sus zonas originarias, dichas plantas recorrieron los caminos de la civilización, asentándose allí donde se establecían los primeros grupos humanos sedentarios de la historia del Viejo Mundo. Así, campos de cereales existían ya en la Mesopotamia caldea hace 7.000 años y en el delta del Danubio también en épocas remotas. Entre las numerosas citas bíblicas, Abrahám, dos mil años antes de Cristo, ordena amasar a Sara flor de harina según el Génesis. Cuenta Homero que en el palacio de Ulises, las esclavas preparaban panes para veinticinco personas y las estelas del Período Tebano muestran episodios de recolección en los campos del Nilo. También Plinio, en su Historia Natural, describe el uso de tamices entre los egipcios desde tiempos inmemoriales, asegurando que el pan de cebada era conocido por los antiguos hacia el año 1500 antes de Cristo. El cultivo del cereal estaba ya plenamente implantado en los tiempos de la Grecia Clásica donde, entre los Siglos VI y IV, aparece instituido el oficio de panadero que utiliza harinas de trigo y otras especies para fabricar pan.

Todo parece indicar que fueron los pueblos colonizadores, griegos y fenicios, los difusores de estas especies y sus técnicas de producción masiva por las orillas del Mediterráneo.

La panificación de cereales está datada en la Península Ibérica unos mil años antes de Cristo aunque es posible que existiese pan de gramíneas en tiempos anteriores pues la avena es originaria de Europa. En el Neolítico se cultivaban guisantes y lentejas. Estas semillas y las bellotas formaban parte de la dieta vegetal de los pueblos hispánicos y pueden ser transformadas en harina, tras un proceso de ensilado y desecación.

Las primeras referencias del trigo en Iberia son de fuentes grecolatinas que indican como Habis, rey de Tartessos, enseñó a sus súbditos a obtener panes de este cereal. Estos datos tienen su origen, seguramente, en los intercambios comerciales de griegos y fenicios por las costas del Golfo de Cádiz.

Testimonios arqueológicos de una cultura cerealista ibérica son algo posteriores. Indicios de actividades comunales, con expectativas de cosechas futuras y reparto de trabajo y

grano, han aparecido en la llanura del Duero y en El Penedés¹. También en los niveles superiores de yacimientos localizados en la Provincia de Salamanca, datados en unos 400 años antes de Cristo, aparece trigo recolectado en abundancia². De todas maneras, son datos dispersos que solo permiten escasos conocimientos sobre la agricultura de los pueblos ibéricos.

El trigo y la cebada eran conocidos en nuestra península desde las épocas colonizadoras. Se sabe que las técnicas cartaginesas en aperos y labranza estaban muy desarrolladas pero fueron los romanos quienes, al crear una sociedad homogénea tras sus conquistas, introdujeron la siembra de cereales en grandes extensiones de Europa. Traían una cultura cerealista con raíces religiosas. Las hijas de Marte guardaban el fuego sagrado y una de las hermanas, Mola, era diosa de la molienda, arte que se atribuía a Ceres. Como es común en su historia, Roma se había limitado a trasladar a los pueblos conquistados una adquisición cultural que tenía raíces orientales.

Sabemos que las legiones llevaron la panificación a Las Galias unos 50 años antes de Cristo existiendo diferencias de calidad entre el *panis militaris* suministrado a los soldados y el *panis sordidus* que alimentaba a la masa esclava lo que indica ya cierta diversificación de técnicas y semillas. Los gladiadores comían pan de cebada para fortalecerse. Jesús multiplica panes de cebada en Tiberíades y el la Última Cena instituye con pan y vino el Misterio de la Transustanciación.

La romanización de los pueblos conquistados debió implicar formas de explotación cada vez más eficientes, con utilización de arados, hoces, trillos y otros aperos perfeccionados. Estrabón, en los inicios de la Era Cristiana, nos dice en su Geografía que las tierras de la Bética, sembradas de vides, olivos y otras arboledas, producían trigo de buena calidad.

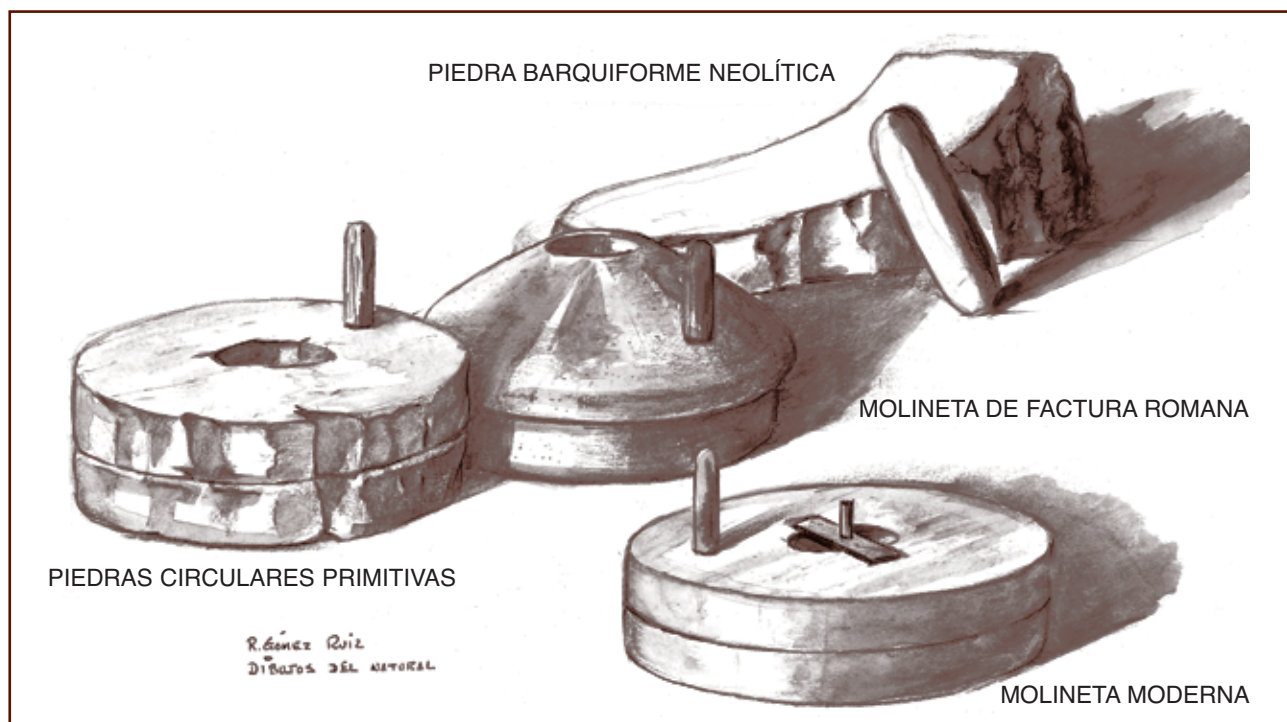
Las técnicas de siembra y cosecha de cereales, con los períodos de brillantez o declive producidos por los condicionantes históricos o climatológicos, permanecieron sensiblemente invariables a lo largo de muchos siglos siendo los sistemas de producción muy similares para los diferentes pueblos que dejaron su huella en la península. Cultivaban las tierras por año y barbecho y usaban guadañas, hoces, trillos, aventadoras y otros útiles con una morfología semejante a las que hoy conocemos. El arado, por ejemplo, cuyos inicios se rastrean en las comunidades agrícolas del Fértil Creciente hace más de cuatro mil años, era usado en el Imperio Tebano, cuando ya estaba domesticado el asno como animal de tiro, y en las civilizaciones prehelénicas.

(1).- Mangas, J.
Historia de España.- Dirección de Tuñón de Lara.
Editorial Labor, 3ª Edición 15ª reimpresión.
Barcelona, 1992.
Tomo I. Página 256.

(2).-Tarradell, M.
Op. cit. en Apartado número 1.
Tomo I. Página 159.

DIBUJO 2

INSTRUMENTOS PRIMITIVOS DE MOLIENDA



Extendido por las riberas del Mare Nostrum, es el mismo útil de madera, con yugo y regatón de sílex o hierro, que formó parte de la cultura agraria mediterránea hasta finales de la Alta Edad Media, al borde del primer milenio, cuando aparecieron los arados de vertedera originarios del centro de Europa, generalizados varios siglos después.

Esa agricultura antigua, típicamente sureña, que se basa en las gramíneas, el olivo y la vid, y desarrolla una notable ingeniería hidráulica en los cultivos de huerta, transforma los paisajes de Iberia a medida que aumenta la población. Por regla general, con las excepciones de las épocas recesivas provocadas por guerras, epidemias y otras calamidades, el campo humanizado, el llamado ager, gana en extensión con respecto al saltus, es decir, la tierra de erial, a lo largo de la historia de romanos, visigodos, árabes y reinos cristianos peninsulares. Infinidad de episodios históricos demuestran la enorme importancia que los cereales han tenido en las culturas hispánicas: sustento, economía, simbolismo, sociología, arte y folklore. Y a pesar de que América aportó a Europa especies como la patata y el maíz, hoy alimentos básicos, las pequeñas semillas de trigo y cebada, transformadas para diversas aplicaciones culinarias, siguen siendo un elemento insustituible en la alimentación de los pueblos de cultura occidental.

6. La Molienda

No sólo las gramíneas sino otras muchas semillas, convenientemente tratadas y secas, permiten elaborar harinas para su posterior transformación en alimentos de diferentes calidades y sabores.

Las variedades dulces de bellotas de encina (*Quercus rotundifolia*), secas tras un año en sobrados de madera y machacadas posteriormente con una piedra de forma esférica sobre cualquier superficie dura se transforman en un producto harinoso que, semitostado al fuego, dura meses y puede ser panificado en tortas finas de sabor agridulce y textura deleznable. Si, antes de cocer, añadimos a la masa espliego, poleo, tomillo o menta, los sabores, mas o menos agradables a nuestro paladar actual, cambian³. Y es probable que procesos similares puedan seguirse con hayucos, rizomas, bulbos y vainas de algarroba.

Si, como parece, las primeras comunidades peninsulares tuvieron en las bellotas y otros frutos del bosque una importante fuente alimentaria, podemos deducir la morfología de los útiles utilizados en los procesos iniciales de la panificación: cantos rodados sobre piedras lisas. Así debieron ser los primeros instrumentos de molturación.

(3).- Comprobaciones personales.

La percusión de un objeto duro sobre una semilla es un proceso lento y paciente que rompe la forma original del germen y produce un tipo de harina granulada. Este sistema de transformar los granos es aún vigente en ciertas culturas africanas donde la harina se obtiene golpeando la semilla en un cuenco de madera o cerámica mediante un mazo de pértiga. Parece ser un tipo de molienda extraña a la cultura europea pues no hemos encontrado referencias ni testimonios que indiquen su utilización en tiempos pasados por pueblos de nuestro entorno cultural. El almirez, que se fundamenta en los mismos principios mecánicos, tiene su origen en Oriente y se utiliza para moler pequeñas cantidades de especies.

EVOLUCIÓN DE ÚTILES. MORFOLOGÍAS.

7. Instrumentos Primitivos de Molienda

Los orígenes de la molinería están en las ventajas de la fricción. Si entre dos piedras de superficies planas colocamos semillas secas y movemos en vaivén una de aquellas, dichas semillas rotan, pierden la corteza y se desmenuzan en harina mas fina que la obtenida por simple percusión. Así funcionaban los primeros molinos cuyos hallazgos junto a restos de comunidades humanas son numerosos y que parecen ser consecuencia de una aplicación universal, a escala planetaria, de culturas agrícolas incipientes. De tiempos protohistóricos se han encontrado molinos con tal tipología desde el Oriente asiático hasta la América precolombina, en unos espacios geográficos tan distantes que hacen improbables contactos culturales entre ellos. Fueron asimilados por las primeras sociedades agrícolas y ya se usaban en Caldea y Egipto hace al menos 4.500 años. Schlieman los halló en las excavaciones de Troya. En el palacio de Alcinoo, las esclavas quebraban con la muela el rubio trigo, según La Odisea.

En Andalucía Occidental, estos molinos constan de una piedra fija con forma de barca y otra móvil, cilíndrica y mas pequeña (Dibujo 2; pág. 17). Su origen se remonta posiblemente al III milenio a. C. y se usaron comunmente desde tiempos neolíticos hasta la romanización, sugiriendo un uso familiar y cotidiano. Un ejemplar, de estructura arcaica, podemos observarlo en el Museo Arqueológico de Sevilla⁴. No es raro encontrarlos en la vega del Guadalquivir, tierras del Condado de Niebla y Sierra Morena, asociados siempre a poblamientos humanos antiguos. Varios de ellos se conservan en los Museos Arqueológico de Huelva y Municipal de Aroche, procedentes de distintos puntos de la Provincia. Uno, de estructura peculiar, hallado en las excavaciones de Castañuelo, está datado sobre el siglo V a. de C. En un pecio púnico hallado en la costa de Mazarrón y fechado entre 750 y 700 a.de C. aparece, entre diverso utillaje, un molino barquiforme.

Estos sistemas de molienda revelan estadios culturales primitivos. Son poco eficientes, solo útiles en una economía de clan o familia y aún se siguen usando por ciertos pueblos marginados de África y La India.

8. La Moción Circular

La moción circular es un concepto acuñado por Caro Baroja para designar el uso de máquinas giratorias es decir, ingenios que modifican los esfuerzos mediante piezas cilíndricas que rotan alrededor de un eje⁵. La rueda es uno de ellos, máquina simple que actúa a modo de infinitas palancas con brazos iguales. Al deslizarse sobre su superficie lateral se produce una traslación que arrastra al eje y si éste está soldado con la máquina, rota con ella, transmitiéndole su movimiento circular. Sigue siendo el elemento básico del transporte terrestre y objeto de infinidad de mecanismos diversos. Por ello resulta ya tópico decir que es el motor en que se basa el progreso humano.

Su origen y evolución son dudosos. No es un invento a escala universal pues fue desconocido por las civilizaciones amerindias, etiópicas y australianas, al menos como elemento práctico. Sus primeros testimonios aparecen en la alfarería sumeria de torno y en las excavaciones de Erch, Mesopotamia, en el conocido dibujo del carro sobre una tablilla de barro cocida. Ambos hallazgos poseen una antigüedad aproximada de cinco mil quinientos años. Pudo nacer en esa zona del mundo o cerca de ella en tiempos anteriores. Ni como elemento de transporte ni como máquina parece haber sido usada por los pueblos orientales ni en las culturas del Nilo de aquellas épocas. Tampoco aparece en la construcción de las pirámides, donde se emplearon rodillos, cordajes y palancas para la traslación de los enormes bloques de piedra.

Las ruedas de los primeros carromatos habían de ser macizas, fabricadas con dos o tres tablones de madera a los que se les fueron aplicando sucesivas mejoras como llantas y ejes metálicos. Posteriormente se las dotó de radios y, a medida que nos acercamos en el tiempo, sus testimonios se hace cada vez mas precisos. Bien entrado el segundo milenio antes de Cristo, coincidiendo quizás con el empleo del caballo como animal de tiro, se comenzó a usar en Egipto el carro ligero de combate de dos ruedas, una máquina de guerra común en el imperio asirio, en la destrucción de Troya por los aqueos y en los ejércitos romanos.

La aplicación de la rueda en el transporte fue seguramente contemporánea a su uso como pieza en la fabricación de máquinas. Al menos así aparece en la documentación arqueológica donde se muestra por primera vez operativa

(4).-Museo Arqueológico de Sevilla.
Sala 10. Vitrina 17.

(5).-Caro Baroja, J.
Sobre maquinaria de tradición antigua y medieval.
Revista de Dialectología y Tradiciones Populares. Volumen V. Madrid, 1956.

en el torno de alfarero. La cerámica torneada aparece en Mesopotamia a la par del carro y pasa, como éste, a Egipto en épocas posteriores lo que demuestra el hecho de una expansión cultural hacia el Mediterráneo desde el Fértil Creciente mesopotámico.

Así mismo, parece ser que la perfección alcanzada por las técnicas de riego en las culturas asentadas en los valles fluviales originó un tipo de máquina rotativa que elevaba el agua contenida en recipientes mediante el continuo presionar de los pies en una serie de tablas radiales. Este aparato agotador, que es como una escalera sin fin que se desliza hacia abajo al tiempo que se intenta subir, se perpetuó en el tiempo y aún se empleaba en el Alto Imperio. Ruedas elevadoras de agua muy perfeccionadas de época romana se han hallado en las minas de Río Tinto y Tharsis, de Huelva y Santo Domingo, en Portugal⁶.

Otros útiles de origen muy antiguo que nacen del concepto circular son los molinos de aceite, posteriores, sin duda, a las piedras naviformes y que son consecuencia del propio desarrollo agrícola. La rotación implica menos gasto energético que el vaivén, aumenta la eficacia y permite una sencilla aplicación de fuerzas. La resolución técnica de una piedra troncocónica que gira tendida sobre una superficie plana donde se colocan frutos frescos permite la separación del jugo y elementos sólidos. Es un útil que ha permanecido invariable desde los tiempos homéricos, ligado a la cultura mediterránea. Este molino de almazara aún se sigue usando y no es operativo para hacer harinas pues trabaja por presión.

9. Los Molinos Circulares

Como las piedras naviformes de fricción oblicua, la aparición de los primeros molinos harineros de tipo circular está ligada a estadios culturales semejantes y tan alejados entre sí que indican otra nueva adquisición universal que nace en sociedades cerealistas con cierto grado de madurez. Consisten en dos piedras circulares, una de ellas giratoria, fácilmente transportables por su peso y tamaño. Presentan siempre un orificio para el mango de madera y a veces filos de encastre de una sobre otra, careciendo de eje en el orificio central de admisión de grano (Dibujo 2; pág. 17). En algunas, generalmente de mayor tamaño, el mango de madera era radial, con objeto de hacer más fácil la rotación al aumentar el brazo de potencia. Se encuentran desde los valles aluviales de China hasta las tierras llanas de Europa. No se han hallado en las culturas dolménicas del occidente andaluz pero su uso está ya documentado entre las comunidades europeas de la II Edad del Hierro.

Son comunes en toda la geografía del Sur de España. En la Provincia de Huelva, estas piedras primitivas parecen estar

relacionadas con los contactos de indígenas peninsulares con los pueblos del mar. Aparecen en la Tierra Llana, explotaciones mineras y valles serranos. Las hay graníticas, fel despáticas, pizarrosas y calizas de morfología y tamaño variables. En la costa se hallan frecuentemente piedras construidas en numaquela.

La cronología es siempre dudosa. Son datos indicativos la morfología, el tipo de manufactura y el estrato arqueológico donde se halló.

Los molinos de mano que aportó Roma a las tierras del Imperio, teniendo la misma funcionalidad que los anteriores, poseen una forma peculiar por lo que son fácilmente diferenciables. Su piedra inferior no es de base plana sino algo convexa y sobre su superficie encastra la superior. Sus variedades son muchas y revelan mayor funcionalidad pues a la eficacia de la rotación tangencial del grano se suma el que la superficie de fricción no sea horizontal, sino inclinada, por lo que el peso de la semilla ayuda a la molienda (Dibujo 2; pág. 17).

Acompañaron a los ejércitos romanos. Las leyes militares obligaban a poseer uno por cada decuria, al objeto de abastecer de pan a los soldados.

Sus hallazgos se hallan diseminados por toda la geografía española, allí donde existen restos romanos de cierta consideración. Los más cercanos a la zona de estudio se hallan en el Museo Minero de Riotinto.

Las culturas posteriores a Roma siguieron usando estos útiles en la vida cotidiana. Molinetas con volanderas planas y lavijero aparecen en yacimientos árabes de Niebla y en estratos almohades de Saltés, lo que indica continuidad a lo largo de los siglos de un esquema mecánico que fue insustituible para la economía agrícola familiar de los pueblos antiguos.

Otros modelos de molino rotatorio manual carecen de ranura de encastre y copian la funcionalidad de los molinos de rodezno. Siguen usándose en Egipto y la India. Los dos que hemos podido observar en la Provincia de Huelva son modernos y aún se utilizaban por los campesinos que vivían en la Sierra alejados de los centros urbanos a finales del Siglo XIX (Dibujo 2; pág. 17).

10. El Molino Comunal

En esta rápida visión de instrumentos de molienda siempre se presenta la utilidad de una máquina que sirve a un clan familiar o, cuanto más, a un grupo reducido de personas que viven en comunidad. La estructuración de sociedades

(6).-La de Río Tinto está expuesta en el Museo Arqueológico Provincial de Huelva.

mas complejas, con diversificación de trabajo y castas, requirió de artefactos capaces de producciones masivas.

Para las primitivas sociedades del Oriente Próximo, Egipto y en la civilización helénica no era operativa la producción de pequeñas cantidades de harina diseminadas por un espacio físico difícilmente controlable sino el acaparamiento de un alimento básico, el cereal, que pudiera ser distribuido mediante normas estrictas. Quien tiene las llaves de la despensa posee el poder y, como apuntábamos al principio de esta exposición, solo desde un *status* privilegiado se puede ordenar la aplicación del músculo a las máquinas en un trabajo ingrato, carente de libre albedrío. Por eso en las comunidades agrarias plenamente históricas aparece el esclavo uncido al molino de grandes dimensiones y ello será una constante en todas las edades antiguas hasta finales del Imperio Romano.

Estos molinos poseían la misma estructura básica de las pequeñas molinetas aunque su tamaño llegó a ser considerable. En la piedra superior se fijaban varios radios donde se encadenaba a los esclavos y habían de tener, dado el enorme peso de sus moladeras, algún mecanismo desconocido de regulación de espacio entre ellas y diferente al alivio de los molinos de eje vertical, muy posteriores en el tiempo.

Sus referencias históricas son numerosas. Moisés dice: no tomarás en prenda...las dos piedras de una muela, ni la piedra de encima... Job iguala la dureza de corazón con la piedra inferior de una muela y en el Exodo se amenaza con la muerte de...todo primogénito...desde el del Faraón hasta el de la esclava que está en la muela. Sansón es uncido a un molino por los filisteos y en Egipto hay constancia de piedras movidas a sangre entre 1.500 y 1.300 años antes de Cristo. Plauto (254-184 a.C.) fue condenado a mover uno de ellos en la ciudad de Roma por cuestión de deudas y ese trabajo forzado aún persistía en tiempos del emperador Constantino I (280-337 d.C.) en cuyo reinado aún se condenaba a los reos a pena de molinos.

En Río Tinto se hallan dos grandes piedras construídas en gossan. Son, sin duda, anteriores a la romanización y, dada su morfología, estructura y tamaño, es improbable que pudieran pertenecer a molinos de río. Representan, posiblemente, una aportación de las culturas orientales que explotaron aquellas minas en tiempos remotos (foto 1; pág. 73).

Aunque la domesticación de asnos y camellos está documentada desde el segundo milenio antes de Cristo, no existen testimonios de animales usados para los trabajos de molienda en tiempos muy antiguos pues su empleo inicial fue el de transporte de cargas y tracción en carros y arados. Las referencias de bueyes uncidos a norias aparecen en épocas muy tardías, unos doscientos años antes de Cristo, cuando ya estaban inventados sistemas mecánicos mas complejos como la series ininterrumpidas de cangilones y la modificación del sentido de las fuerzas mediante engranajes.

Ni el Antiguo Testamento ni las arcillas grabadas de Mesopotamia ni las estelas y papiros egipcios muestran alguna forma de tracción animal en los molinos. Tampoco existen alusiones al respecto en la vida cotidiana de Troya o Creta. Se desconoce, por tanto, si en el trabajo de los molinos comunales se empleó la fuerza animal a la par que la del hombre o como alternativa a ella por aquellas culturas, cuando ya se usaban en otros trabajos algunas especies domesticadas. Todo parece indicar que esta adquisición cultural se produjo muchos siglos después, como consecuencia lógica de los grandes hallazgos mecánicos de la Escuela de Alejandría.

11. El Molino Romano

Molinos de grandes dimensiones y diversas morfologías fueron adoptados por la tecnología romana. Sin embargo, solo uno de ellos fue característico de aquella época histórica. Es el *pistor*, una máquina bien conocida por la Historia Antigua, tanto por testimonios escritos como por los restos arqueológicos que aparecen en los lugares de intensa romanización. Alternó con las pequeñas molinetas y su uso se generaliza a medida que aumentaba la rotulación de los campos donde se aplicaban las nuevas técnicas implantadas por Roma. Tiene un período de máxima utilización y comienza su declive cuando, definidos los límites máximos del Imperio, los pueblos conquistados no aportan ya la abundante mano de obra esclava derivada de las guerras. Fue entonces cuando se aplican a la molinería las ruedas hidráulicas perfeccionadas que aprovechaban la corriente de los ríos.

El *pistor* constaba de dos piedras de forma peculiar, una fija, la *meta molendaria*, maciza y muy convexa, donde encastraba a modo de capuchón el *cotillus* o *castellus*, hueco y en forma de gorro, que giraba sobre aquella mediante radios a los que se aplicaba el esfuerzo. En su fabricación se empleaban generalmente rocas duras de sílice.

En los molinos romanos ya hay constancia de empleo de animales de tracción. Sobre el Siglo II antes de Cristo, Marco Poncio Catón, en su Tratado de Agricultura, define una mola asinarium y Jesucristo lanza su imprecación contra los que escandalizaren a los que mas le valiera... le colgasen al cuello una piedra de molino de asno. Sin embargo, la fuerza principal del trabajo en la molienda fue la mano de obra esclava durante todo el Imperio.

El molino y la panificación iban unidas en una misma industria de carácter artesanal que contaba con maestros, menestrales y esclavos. Se fabricaban diferentes clases de harinas en molinos especiales para cada una. Existía una *mola hispaniense* que poseía cuatro pilones o receptáculos para diferentes harinas, lo que indica una considerable especialización. Y también una *mola fabaria* pues la harina de habas era un alimento común entre el pueblo romano.

La Andalucía Bética es muy rica en testimonios arqueológicos de molinos romanos, sobre todo en tierras llanas aptas para el cultivo del cereal. Casi todos son trozos de *cotillus*. Una espléndida meta o piedra inferior puede contemplarse en el Museo de Artes y Costumbres Populares de Sevilla⁷.

12. La Escuela Helenizante

En el año 332 antes de Cristo se funda Alejandría. Esta ciudad se convierte muy pronto en una gran metrópoli que fue el centro cultural del mundo antiguo. Su Museum, dedicado a las nueve musas protectoras de las Ciencias y las Artes, constituye el mas espléndido ejemplo de como la larga gestación de inventos remotos cristaliza en una cultura tecnológica avanzada por mor de una serie de factores concurrentes: situación geográfica, interés de los grupos dirigentes por las artes mecánicas y, sobre todo, coincidencia azarosa en el espacio y en el tiempo de un conjunto de mentes privilegiadas. Allí se formaron Euclides y Arquímedes, dos personajes cuyas aportaciones a la Geometría y a la Física tienen aún hoy plena vigencia. En ella se aplicaron a curiosas máquinas los principios conocidos como "las cinco grandes": el plano inclinado, la cuña, el tornillo, la palanca y la rueda.

Ctesibius, que experimentó con artefactos de aire comprimido, tuvo por discípulos a Hero y a Filón, diseñadores de máquinas automáticas. Son conocidos los inventos de espejos, pinzas, ballestas y otros artefactos mas o menos imaginarios que, ideados por Arquímedes, fueron el terror de los soldados romanos que sitiaban Siracusa, según el historiador Polibio.

Julio César tomó Alejandría y destruyó su biblioteca. Posteriormente fue nuevamente arrasada por bizantinos y turcos por lo que poco quedó de sus documentos primitivos. Conocemos parte de su riqueza científica a través de escritores posteriores que seguramente fueron tergiversando los textos originales en las sucesivas copias. Descripciones, dibujos y conceptos mecánicos de la Escuela de Alejandría se hallan en la Arquitectura de Marco Vitrubio y en la Historia Natural de Plinio El Viejo. También en las biografías de Plutarco. A ellos debemos la transmisión a la cultura romana de unos conceptos que han sido fundamentales en el progreso tecnológico occidental, desde Leonardo hasta los albores de la revolución industrial del Diecinueve.

Fueron los árabes, siglos mas tarde, los otros grandes transmisores de los principios científicos de la Escuela de Alejandría. A principios del califato abbasí la capital del imperio pasa a Bagdad y esta ciudad se convierte en uno de los centros culturales del mundo durante el reinado de Abdulah-al-Mamún (786-833 d. C.). Por mandato de este

califa, tres hermanos, los Musa, hijos de un astrólogo, recorrieron Grecia y varios países del Asia Menor a fin de adquirir libros del saber antiguo. En Bagdad, los hermanos Musa acumularon gran cantidad de obras y traducciones de tiempos anteriores. Fue aquella una iniciativa que pronto tuvo imitadores en Córdoba, el otro gran foco cultural de la Alta Edad Media, por lo que estas dos ciudades, con sus bibliotecas, se convirtieron en meta obligada de los sabios que arribaban a ellas desde de los mas lejanos lugares del mundo conocido entonces.

Las obras de Ctesibius, desconocidas por los autores romanos, se salvaron gracias a la cultura musulmana. A ella debemos también varias traducciones de los trabajos de Hero y Filón. Pero, sobre todo, un compendio de mecánica, El Libro de los Aparatos Ingeniosos, que, en numerosas copias y variantes, fue referencia técnica para la fabricación de artefactos de riego, industria en las que, como es sabido, descollaron los árabes.

Bagdad fue destruida por los mogoles a mediados del siglo Trece, cuando Córdoba estaba ya bajo dominio castellano desde unos años antes pero estos hechos no van a hacer desaparecer los viejos conocimientos. En la Península Ibérica se produce un espléndido fenómeno de ósmosis entre aquellos dos mundos tecnológicos, el islámico y el cristiano, que tenían fuentes comunes.

Los tesoros bibliográficos del mundo árabe pudieron seguir siendo estudiados en las bibliotecas durante siglos así como la cultura grecolatina estaba asegurada en la paz de los monasterios, lo que permitió la pervivencia de esa gran riqueza acumulada. Pasó el tiempo, siguieron aplicándose con éxito al mundo del trabajo los viejos mecanismos de hierro y madera en las edades medias de Europa y durante el Renacimiento se fabrican máquinas cada vez mas complejas que basaban su mecánica en los mismos principios de la Escuela de Alejandría. Artefactos, herramientas y técnicas que solo pudieron ser sustituidos por los avances espectaculares del siglo Diecinueve.

13. La Rueda Hidráulica

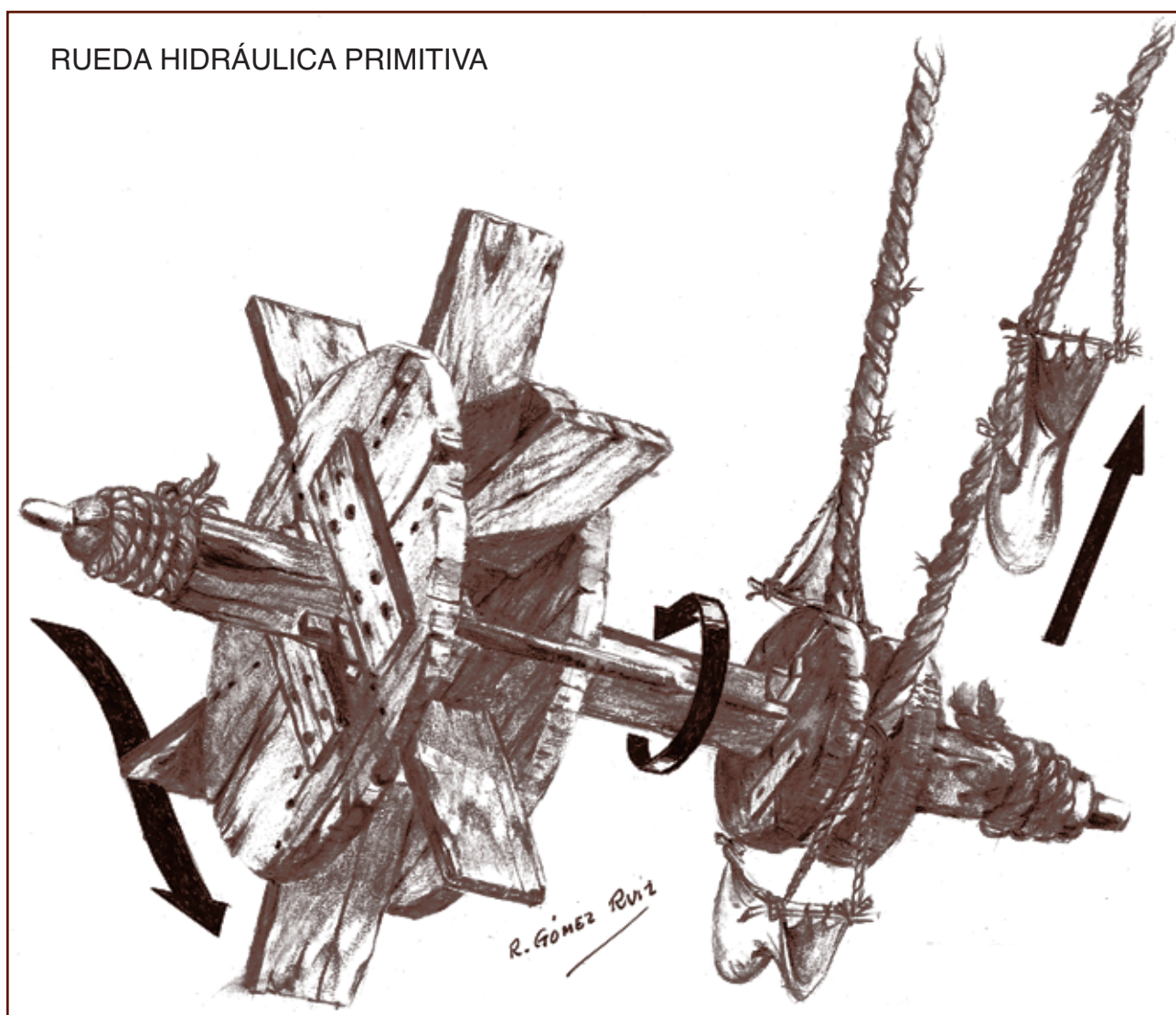
Si admitimos que el progreso técnico de los pueblos nace de necesidades cotidianas para adecuar el entorno a una mejor calidad de vida, es razonable pensar que en la génesis, desarrollo y aplicación de todo invento hay detrás un paisaje físico y unos modos de vida característicos. La sauna es cultura de un clima frío y la doma del caballo como animal de monta evoca en sus orígenes a pueblos esteparios y nómadas. El avance tecnológico se produce, por lo general, en un contexto geográfico y social determinante.

(7).-Museo Arqueológico Provincial de Sevilla.
Entrada de acceso al edificio.

Otra en el Museo de Artes y Costumbres Populares de Sevilla. Sala IV.

DIBUJO 3

RUEDA HIDRÁULICA PRIMITIVA



Por ello podemos aventurar que los primeros usos de una corriente de agua como fuerza motriz han de buscarse en un ambiente agrícola asentado en algún lugar de las tierras fluviales de Eurasia. Desde allí, el invento se extendió entre las culturas urbanas donde el concepto de moción circular ya estaba desarrollado lo que posibilitó la proliferación de artilugios cilíndricos que rotan sobre un eje movidos por la fuerza de la corriente.

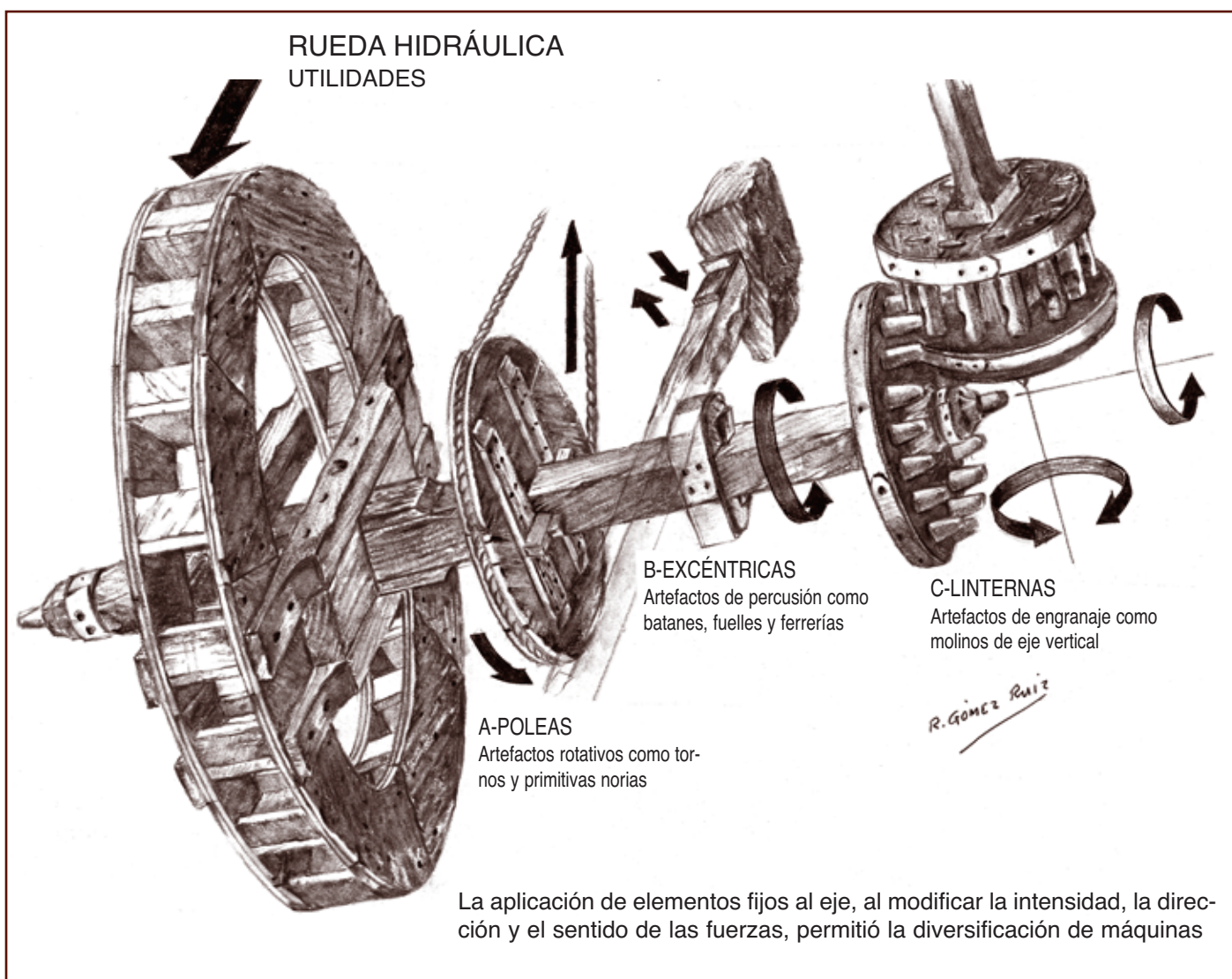
La energía potencial acumulada en las aguas situadas en niveles iniciales de una cuenca hidrográfica se transforma en energía cinética cuando aquellas corren por su cauce buscando el mar. El agua en movimiento produce erosión, arrastra objetos e inclina las plantas de ribera. Estas simples realidades, observadas por el hombre desde tiempos remotos, hubieron de tener una inmediata aplicación en cuanto se comprendió su utilidad para el transporte. Se opina que los primeros estadios de la navegación bien pudieron ser pieles hinchadas y troncos de árboles arrastrados por la corriente a los que posteriormente se les aplicaron velas y timones.

Si desde unos niveles superiores se modifica artificialmente el curso y la pendiente mediante canales y represas, se pueden acumular aguas para fines concretos y el sobrante, conducido al cauce original, produce una cascada donde la liberación de la energía a consecuencia de la bajada brusca de nivel se hace mas visible. Todos hemos comprobado alguna vez la tensión muscular que se requiere al presentar la palma de la mano frente a un chorro de agua.

Son, quizás, consideraciones elementales pero que nos ayudan a comprender los posibles orígenes de la primera máquina rotativa donde no se empleó la fuerza animal o humana, es decir, la rueda hidráulica, un artefacto de forma cilíndrica con un eje central fijo y cuyo movimiento circular continuo se consigue inicialmente por el choque de las aguas en un sistema de palas radiales.

El hombre percibió la fuerza del agua en movimiento en épocas muy tempranas de su historia. Y también la variedad de formas redondas que existen en la naturaleza. Astros, animales de simetría radial, huevos, secciones de tallos, fru-

DIBUJO 4



tos y semillas tienen a menudo diseños marcadamente circulares o esféricos.

También hubo de fijar su curiosidad desde tiempos remotos en las ondas que provoca la piedra cuando impacta sobre la superficie del agua remansada y en ese ininterrumpido girar del trozo de madera atrapado en un remolino.

Tras un largo período de observaciones y quizás pasando por una etapa experimental de carácter lúdico, la aplicación de estos fenómenos a la práctica requirió de una sociedad organizada. Su utilidad fue inicialmente agrícola, de elevación de aguas para el riego y ello implica ya especialización en el trabajo pues el proceso de fabricación de una máquina que aproveche un flujo de agua requiere habilidad artesanal. Y, sobre todo, madurez cultural pues las primeras ruedas hidráulicas debieron aplicar un sistema elevador de recipientes por medio de cadenas cinéticas de cordaje aplicadas a poleas (Dibujo 3; pág. 22), otro invento de origen incierto que aparece en Straton de Lampsaco (287-269 a. C.) y en los dibujos de Hero, ambos afines a la cultura helenística.

Esta rueda, descrita ya por Filón de Bizancio, la hallamos en la obra de un autor tan tardío como Vitruvio quien la define como máquina que... gira impelida por el ímpetu de la corriente...la cual eleva los cangilones...a lo alto...sin impulso humano...

Se puede deducir, por tanto, que este artefacto apareció, bajo formas aún rudimentarias, en alguna sociedad que cultivaba los campos junto a cursos de agua y conocía la técnica de construcción de obras hidráulicas aplicadas a la agricultura. Pudo ser en cualquier lugar del Viejo Mundo, desde los grandes ríos de China a las orillas orientales del Mediterráneo y en su forma primitiva se siguió utilizando durante largo tiempo.

Su evolución está muy estudiada. Desde sus orígenes ha pasado por infinidad de modificaciones. Dejaron de emplearse los recipientes sujetos a transmisiones sin fin. La energía de choque de la pala fue sustituida por el llenado de arcaduces, aplicando el chorro de agua en puntos medios o altos (Dibujo 4; pág. 23). Tuvo curiosas derivaciones como