

**LA EVOLUCIÓN DE LAS TÉCNICAS  
DE MOLTURACIÓN  
EN EL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL:  
EL LUGAR DE LA BIELA-MANIVELA.**

*Georges COMET  
Universidad de Provenza (Francia)*



## **LA EVOLUCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MOLTURACIÓN EN EL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL: EL LUGAR DE LA BIELA-MANIVELA**

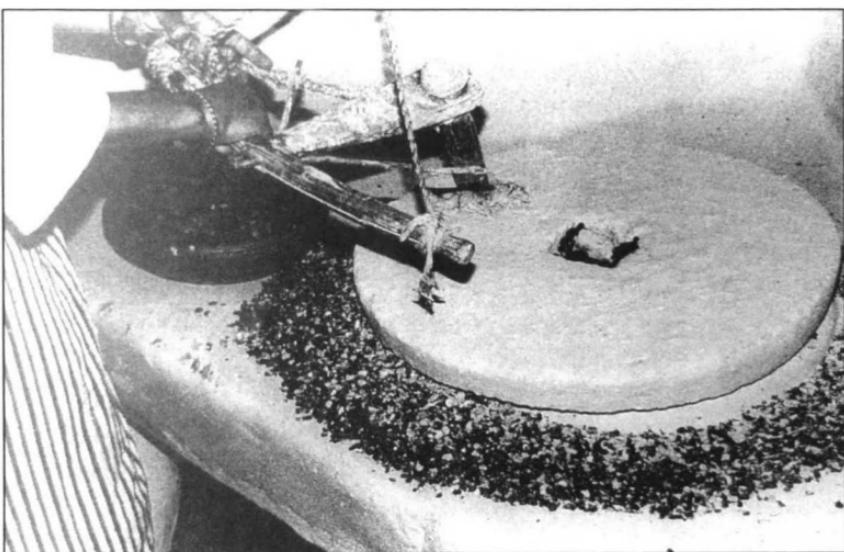
En calidad de historiador haré algunas reflexiones basadas en gran parte en fuentes iconográficas y cuyo campo geográfico no está circunscrito a Marruecos ni a Andalucía, sino que se extiende por todo el Mediterráneo occidental. Como punto de partida de este trabajo existe el estudio relativo a algunas técnicas de molturación que Jacques Vignet-Zunz realizó junto a los Yebalas en el Rif (**Cf. Fig. nº 1**).

La publicación<sup>1</sup> muestra un molino doméstico de tipo rotativo cuya característica principal es la utilización para la puesta en movimiento de un sistema de biela-manivela que acaba transformando un movimiento de vaivén en un movimiento rotativo. Por insólito que sea, deseo mostrar de qué forma se inserta en una evolución de los procedimientos de molturación y constituye una importante etapa.

El historiador, muy a menudo, se basa en fuentes escritas. Estas son poco numerosas con respecto a la historia de las técnicas de molturación de la Antigüedad y de la Edad Media, y hay que recurrir por un lado a la arqueología y por otro lado a la iconografía y es también necesario completar estas informaciones propiamente históricas con ojeadas antropológicas fundadas en estudios etnográficos más recientes.

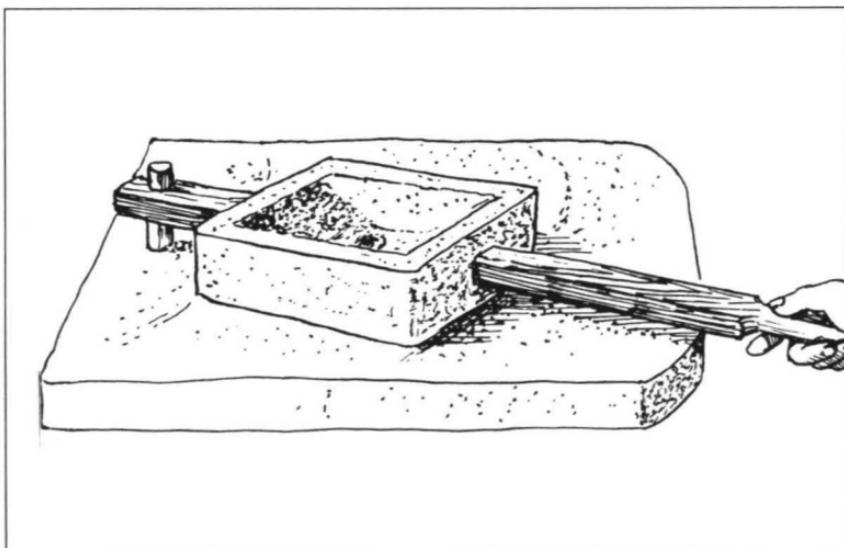
Para finalizar este preámbulo recordemos que la aparición de una nueva técnica no significa nunca la sustitución de las que se utilizaban anteriormente en el mismo sector de actividad. La aparición del molino de agua no suprimió los movimientos de vaivén y la muela giratoria no suprimió los movimientos de vaivén, tam-

<sup>1</sup> Jacques Vignet-Zunz, *Manifestations insolites dans le patrimoine technique des Jbala (Maroc) [Manifestaciones insólitas en el patrimonio técnico de los Yebalas (Marruecos)]*, I Jornadas Internacionales sobre Tecnología agraria tradicional, Madrid, 1992, p. 137-146.



**Fig. 1** Molino de harina doméstica en los Yebala (Rif occidental).

[Jacques VIGNET-ZUNZ, Manifestations insolites dans le patrimoine technique des jbalas (Maroc) -Manifestaciones insólitas en el patrimonio tecnico de los Yebalas (Marruecos)-, *I Jornadas Internacionales sobre Tecnología agraria tradicional*, 137-146. Madrid, 1992].



**Fig. 2** Restitución de la muela denominada Olinto y funcionamiento.

[Jean ORSATELLI, *Les Moulins -Los Molinos-*, Marsella, Jean Laffitte, 1979].

poco el bolígrafo suprimió a la pluma. La sucesión cronológica de las técnicas que voy a presentar es sobre su aparición; no hay que inferir en lo que concierne a las eventuales sucesiones de los procedimientos dominantes.

## EL MOVIMIENTO ALTERNATIVO

Las primeras técnicas de moliuración recurrieron al movimiento alternativo y utilizaron la fuerza humana como fuente de energía.

En el neolítico aparece la primera herramienta de moler que funciona según un movimiento de vaivén. La muela está compuesta por dos piedras torneadas; una, la muela bastidor, permanece fija, la otra, el triturador o moleta, es frotada sobre la anterior piedra a través del usuario colocado de rodillas frente al conjunto. El triturador, en algunos casos, pudo pérforarse con una tolva de molino. Es interesante técnicamente aproximar las representaciones de muelas y moletas egipcias de la V dinastía (III milenio a. de J.C.)<sup>2</sup>, trituradores hallados en excavaciones medievales<sup>3</sup> y observaciones realizadas en el siglo XX en el Sahara<sup>4</sup>. Observamos que esta técnica de molienda del grano continúa practicándose después de al menos cinco milenios de existencia.

En un segundo momento, hacia el siglo V a. de J.C., aparece la muela denominada de Olinto<sup>5</sup> cuyo movimiento es alternativo aunque se realiza según un trazado en arco de círculo. (**Cf. Fig. nº 2**). En cierto sentido, es una combinación parcial del movimiento alternativo y del giratorio, sin embargo no hubo ningún paso del uno al otro. Este efímero sistema no pasó a la posteridad y desapareció probablemente sobre el siglo I después de J.C.

<sup>2</sup> Florencia, museo arqueológico.

<sup>3</sup> DEMIANS D'ARCHIMBAUD, Gabrielle, *Les fouilles de Rougiers* (Las excavaciones de Rougiers), París, C.N.R.S., 1980.

<sup>4</sup> GAST, Marceau, *Alimentation des populations de l'Ahaggar* (Alimentación de las poblaciones del Ahaggar). Étude ethnographique, París, 1968.

<sup>5</sup> M.-C. AMOURETTI, *Le pain et l'huile dans la Grèce antique* (El pan y el aceite en la Antigua Grecia), Les Belles Lettres, París, 1986.

## LA APARICIÓN DEL MOVIMIENTO GIRATORIO

En estos últimos años han evolucionado mucho los conocimientos en este campo. Tras haber abandonado la hipótesis de un origen oriental de la muela giratoria<sup>6</sup>, tras haber abandonado la idea de su aparición en el siglo II a. de C.<sup>7</sup>, se proyectó un origen al siglo IV a. de C<sup>8</sup>. Los trabajos más recientes, basados en la arqueología, nos acercan aún más a la fecha y especifican un lugar. Existen molinos giratorios en Cataluña desde el siglo V a. de C. y quizás incluso desde el siglo VI<sup>9</sup>. ¿Acaso es por ello por lo que Catón cuando menciona las muelas, emplea el término de *mola hispaniensis*?<sup>10</sup>.

La muela giratoria, de uso doméstico al principio, se empleó en los edificios colectivos en el siglo IV y su uso coexiste con el de la muela de Olinto. Luego se extiende en todo el Mediterráneo, probablemente ayudada en su difusión por las campañas de los ejércitos romanos que hicieron uso de ella en todos sus desplazamientos. Este uso de la muela giratoria a través de los ejércitos en campaña se presenta aún como especialmente importante en el siglo XV a través del ingeniero italiano Taccola quien escribió: “El príncipe debe tener siempre en sus campañas caballos y mulos para transportar...los molinos para moler el trigo, los cereales y las legumbres destinados a confeccionar panes o tortas. Esto se inventó debido a la necesidad de sobrevivir cuando se está en tierra enemiga”<sup>11</sup>. (**Cf. Fig. nº 3**).

Señalemos, para más información, que hacia el siglo II a. de C. Italia adapta en la muela giratoria un gran marco de madera que permite

<sup>6</sup> CHILDE, Gordon, *Rotary Querns on the Continent and in the Mediterranean Basin*, *Antiquity*, vol. 17, 1943, p. 19-26.

<sup>7</sup> MORITZ, L.A., *Grain-Mills and Flour in Classical antiquity*, Oxford, 1958.

<sup>8</sup> M.-C. AMOURETTI, 1986, *op. cit.*

<sup>9</sup> ALONSO MARTÍNEZ, Natalia, *Les premières meules rotatives manuelles dans le nord-est de la Péninsule Ibérique [Las primeras muelas giratorias manuales en el noreste de la Península Ibérica]*, Cahier d'histoire des techniques nº 3: *La transmission des connaissances techniques [La transmisión de conocimientos técnicos]*, Aix-en-Provence, Presses de l'Université de Provence, 1995, p. 15-23.

<sup>10</sup> Catón, *De Agricultura*, 10, 4.

<sup>11</sup> Mariano di Jacopo, alias el TACCOLA (1381-1453/58), *De rebus militaribus*, París, B.N. Editado parcialmente por E. KNOBLOCH, *L'art de la guerre [El arte de la guerra]*, París, Gallimard, 1992.

acrecentar la extensión y la hace funcionar a través de varios hombres o burros. Así, se convierte en la *mola asinaria*, denominada también “de Pompeya”, que nosotros tenemos tendencia en considerar como la muela romana típica a pesar de su difusión muy limitada en Italia y en las regiones limítrofes. Su existencia fue breve en el tiempo pues desapareció al final de la Antigüedad. “Acabó en un estancamiento”<sup>12</sup>.

## EL MOLINO HIDRÁULICO

Desde la Antigüedad aparecieron los dos grandes tipos de molinos hidráulicos: de rueda horizontal y vertical.

\* El molino de rueda vertical, y por tanto acompañado por un engranaje, está bien descrito por Vitruvio<sup>13</sup> y todo parece indicar que a mediados del siglo I a. de C. el invento era reciente<sup>14</sup>. (**Cf. Fig. nº 4**). Se extiende progresivamente por la cuenca mediterránea y la arqueología encontró bellísimos y a veces imponentes vestigios antiguos, como en Barbegal, en Atenas, en Roma.

\* El molino de rueda horizontal no fue descrito por autores de la antigüedad sino que existe prácticamente desde la misma época que el de rueda vertical. Sin embargo, contrariamente a lo que se declaró durante tanto tiempo, las dos líneas técnicas son completamente independientes una de otra. Las excavaciones de Chemtou confirman la presencia en Túnez en el siglo II después de C. No obstante, la iconografía la representó menos ya que no existe nada que caracterice este edificio exteriormente, al contrario del molino de rueda vertical. Durante mucho tiempo, los historiadores le restaron importancia a esta rueda horizontal hasta que se mostró recientemente la importancia de su difusión en las regiones medi-

<sup>12</sup> AMOURIC, Henri, *Moulins et meunerie en Basse-Provence occidentale du moyen âge à l'ère industrielle [Molinos y molinería en la Baja Provenza occidental de la Edad Media a la era industrial]*, Tesis del 3er ciclo, Université de Provence, Aix-en-Provence, multigráfico, 1984.

<sup>13</sup> Vitruvio, *De architectura*, X, 5, 2, Cf. el reciente estudio de FLEURY, Philippe, *La mécanique de Vitruve [La mecánica de Vitruvio]*, Presses Universitaires de Caen, 1993.

<sup>14</sup> AMOURETTI, Marie-Claire, COMET, Georges, *Hommes et techniques de l'Antiquité à la Renaissance [Hombres y técnicas de la Antigüedad hasta el Renacimiento]*, París, Colin, 1993.



**Fig. 3** El molino de campaña transportado por una bestia de carga a lo largo de una expedición militar. (siglo XV).

“El príncipe, en sus acantonamientos, debe tener siempre caballos y mulas para transportar los hornos que sirven para preparar los panes grandes y pequeños, la carne, y los molinos para moler granos, cereales y legumbres, destinados a confeccionar panes y tortas para el uso del denominado ejército. Esto fue imaginado para paliar la falta de víveres cuando se está en tierra enemiga u hostil, con el fin de poder sobrevivir allí. Una ciudad o un ejército sin víveres ni cereales son vencidos sin pegar un tiro”.

[TACCOLA, *L'art de la guerre, machines et stratagèmes de Taccola, ingénieur de la Renaissance -El arte de la guerra, máquinas y estratagemas de Taccola, ingeniero del Renacimiento-*, París, Eberhard KNOBLOCH éd.].

terráneas<sup>15</sup>. Conviene utilizar con prudencia el acto de fechar aunque sea de gran provecho muy a menudo para comprender los movimientos, la investigación antropológica halló dichos molinos prácticamente a lo largo de todas las orillas del Mediterráneo desde Grecia hasta España (incluso en los países escandinavos)<sup>16</sup>. (**Cf. Fig. nº 5**).

En definitiva, digamos cómo es a veces de delicado el uso de la iconografía para el historiador. Las imágenes del período medieval, están inmersas en la ideología cristiana, que impone no avanzar más que con precaución. Dos ejemplos esclarecieron mis declaraciones.

<sup>15</sup> Amouric, 1984, *op. cit.*

<sup>16</sup> Uno de los numerosos ejemplos españoles: Alhaurín el Grande, región de Málaga, finales del siglo XV (?). Cf.: Sebastián Fernández López, *El molino hidráulico medieval en la provincia de Málaga*, Acta histórica et arqueológica medievalia, nº 3, 1982, 209-225.

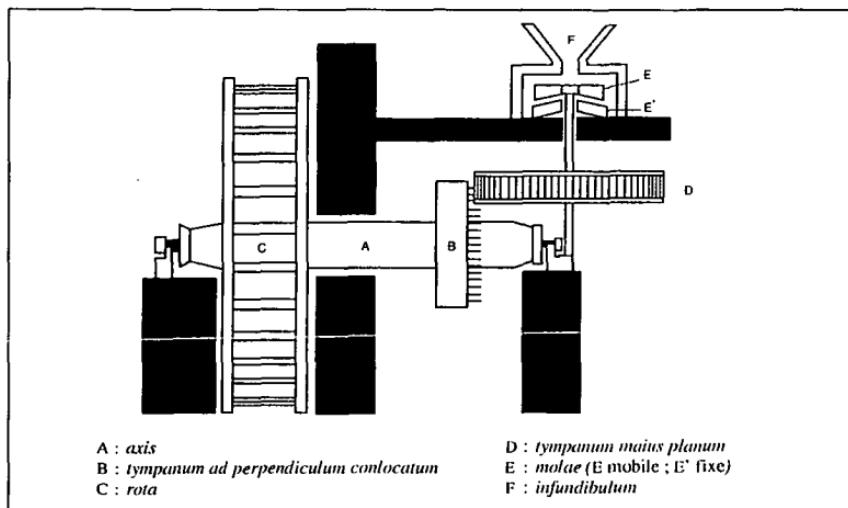


Fig. 4 Restitución del molino de Vitruvio, *De architectura*, X, 5, 2.

[Philippe FLEURY, *La mécanique de Vitruve -La mecánica de Vitruvio-*, Presses Universitaires de Caen, 1993].

En una imagen cuyo fin explícito era mostrar el martirio de San Calixto, hallamos una magnífica representación de una muela de molino en el siglo XII. Se martirizó a Calixto arrojándolo a un río atado a una pesada muela y fue por vía de su martirio como conocimos el objeto técnico<sup>17</sup>. El célebre capitel de Vézelay que representa un molino en el siglo XII está de hecho situado aquí como la alegoría del molino místico. Moisés y San Pablo, representados sobre el capitel, transmiten un mensaje ideológico sobre la definición de la especie humana y la forma en que vivió la sociedad. En estas imágenes, la información técnica, para nosotros muy importante, el creador suple sólo de forma indirecta el discurso ideológico que le faltaba transmitir. No se olvidará nunca que en estas ocasiones el historiador cometía un desfalco de documentos y utilizaba una recurso que deseaba transmitir un mensaje abstracto sobre los sentidos de la vida para darle datos técnicos concretos...

<sup>17</sup> Martirio de Calixto (12 de octubre), Cod. bibl. 2º 56, *Passionales, pars esivalis*, Zwiefalten, 1125-1130. Cf.: *Die illuminierten Handschriften des württembergischen Landesbibliothek Stuttgart*, band 2, teil 1, Sigrid von Borries-Schulten, Stuttgart, 1987 (nº 94).

## LA BIELA-MANIVELA

Sin embargo, no llegamos a encontrar la biela-manivela que era el objetivo de nuestra investigación. Tradicionalmente, se dice que Occidente no conoció la biela-manivela hasta el siglo XV. De hecho, hasta el siglo XIV incluido, Occidente no transforma su movimiento giratorio en alternativo más que por el sistema de árbol de levas, sólo conocido aquí, aunque China y el Extremo Oriente conocieron también la biela-manivela<sup>18</sup>.

Sin embargo, no habría que olvidar que en Occidente la manivela sólo se atesta mucho antes. Se emplea para girar husillos, para afilar las muelas<sup>19</sup>. (**Cf. Fig. nº 6**). Los ingenieros militares la conocían también. En el siglo XIV, Guy de Vigevano puso una en un carro de asalto, un anónimo alemán le añadió un trabuco<sup>20</sup>. Sin embargo, estaba lejos de ser de uso corriente. Los husillos del “tapiz” de Bayeux en el siglo XI no la conocieron y aún en el siglo XIV, existe un manuscrito yuxtapuesto de brochas con manivela y otras sin manivela<sup>21</sup>. De todas formas, no existe ninguna relación con la biela.

Es a partir del siglo XV cuando aparece en nuestras fuentes iconográficas la biela-manivela. El dibujo más antiguo conocido se remonta hacia 1430 en el manuscrito alemán conocido bajo el nombre de *Anónimo de la guerra Husita*<sup>22</sup> que tiene varias representaciones más o menos complejas. (**Cf. Fig. nº 7**). Los ingenieros dibujaron varios modelos, a veces incluso de forma superabundante, lo que confirma la novedad del procedimiento en el que se descubren las posibilidades. Se sirve de ello para subir el agua

---

<sup>18</sup> Joseph NEEDHAM, *Science and Civilisation in China*, Cambridge, 1954.

GILLE, Bertrand, La naissance du système bielle-manivelle [El nacimiento del sistema de la biela-manivela], *Techniques et Civilisations*, 1952, II, p. 42-46.

<sup>19</sup> Psautier d'Utrecht, siglo IX; Psautier de Luttrell, siglo XIV.

Luttrell Psalter, 78 Vº. 1320/40. Ex: Janet BACKHOUSE, *The Luttrell Psalter*, Londres, Brit. Lib. 1989.

<sup>20</sup> Cf. Bertrand GILLE, *Les ingénieurs de la Renaissance* [*Los ingenieros del Renacimiento*], París, Hermann, 1964.

<sup>21</sup> Psautier de Luttrell, Cf. Janet BACKHOUSE, *The Luttrell Psalter*, Londres, Brit. Lib., 1989.

<sup>22</sup> Munich, Staatsbibliothek, Cod. Lat; 197, ca. 1430.

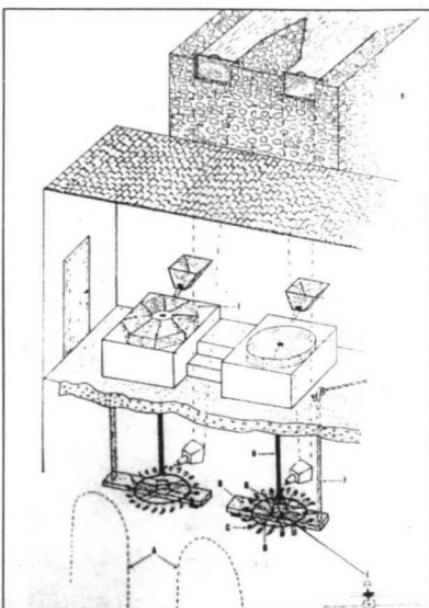


Fig. 5 Molino de rueda horizontal en Alhaurín el Grande, región de Málaga, finales del siglo XV, restitución.

[Sebastián FERNÁNDEZ LÓPEZ, El molino hidráulico medieval en la provincia de Málaga, *Acta histórica et archeologica mediaevalia*, nº 3, 1982, 209-225].

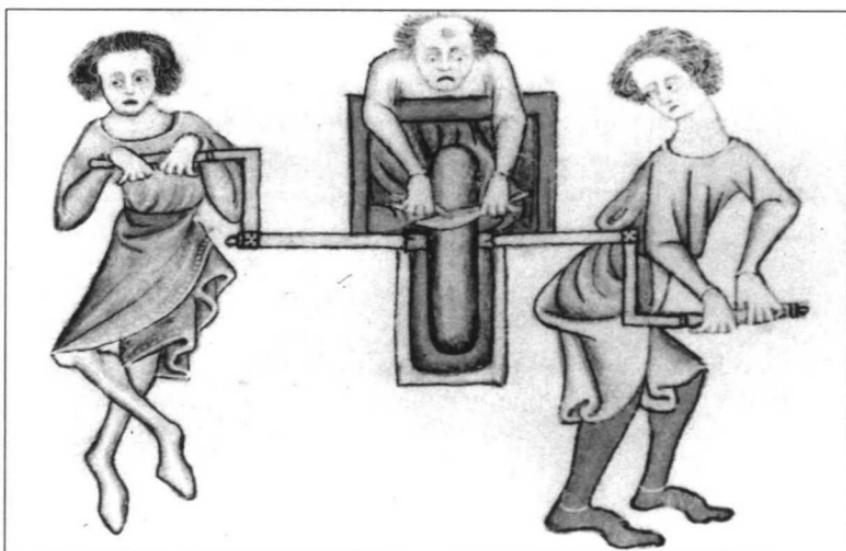


Fig. 6 La manivela empleada en el siglo XIV para accionar una muela. Psautier de Luttrell (ca. 1320-1340).

[Janet BACKHOUSE, *The Luttrell Psalter*, Londres, Brit. Lib. 1989].

de los pozos y de las minas y es lo que representa Mariano di Jacopo, llamado il Taccola, en una bomba aspirante-impelente. También, acciona un cabrestante subiendo cubos de agua y el ingeniero describe así el invento: "Esta forma de sacar agua con ayuda de un cabrestante que tira dos cubos es comúnmente llamado 'extracción con mango de mariposa' como ya se le dijo a este respecto. Es muy útil ya que no se pierde tiempo, incluso se gana ya que mientras un cubo sube, otro baja al fondo. Hay que señalar que es inútil ofrecer detalles sobre las cosas que son evidentes<sup>23</sup>". Esta última observación sobre la utilidad es bastante frecuente en ese tipo de obras. De hecho, es una forma de conservar un secreto de fabricación; habría que dirigirse al ingeniero para construir efectivamente la máquina.

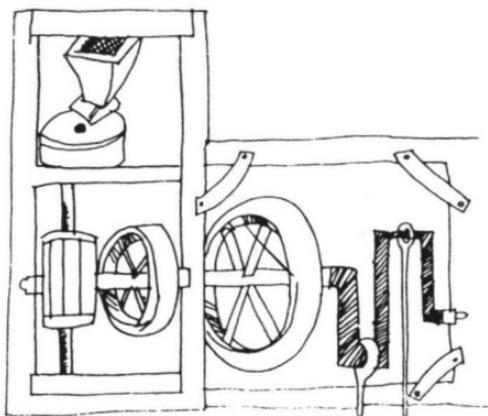
Desde su aparición, el sistema biela-manivela se empleó en la molienda de granos y el italiano Francesco di Giorgio Martini llamó a estos nuevos tipos de molinos *a frucatoio*<sup>24</sup>. Esto permite ofrecer un movimiento giratorio con grandes muelas gracias a un gesto alternativo. Así, podemos aumentar el diámetro de las muelas en funcionamiento sin que el usuario esté obligado a volver con la muela. En el caso de un solo usuario la extensión máxima de las muelas está determinada por la envergadura del brazo del hombre tendido, en lo sucesivo podemos ir más lejos, aunque la pesadez del trabajo parece grande, así cree Taccola en una declaración a mediados del siglo XV con respecto a un molino militar de campaña: "Este molinito es útil en las fortalezas y ciudadelas. Se acciona a través de un soldado a pie por medio de una manivela con una cabeza de hierro. Este trabajo es penoso para quien lo hace girar. Muele poco y se le llama comúnmente molino con mango de mariposa. El dibujo lo muestra"<sup>25</sup>. (Cf. Fig. nº 8).

Desde los orígenes, el molino con biela-manivela fue provisto en algunos casos de un volante de inercia constituido por un disco,

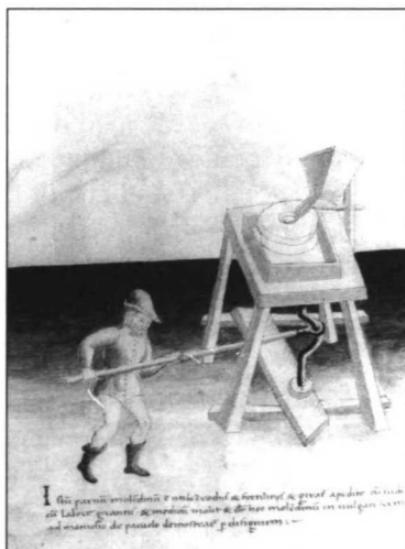
<sup>23.</sup> Cf. la edición parcial aunque fácil de acceso de *De machinis*, realizada por Eberhard KNOBLOCH bajo el título: TACCOLA, *L'art de la guerre, machines et stratagèmes de Taccola, ingénieur de la renaissance* [TACCOLA, *El arte de la guerra, máquinas y estrategias de Taccola, ingeniero del Renacimiento*], París, Gallimard, 1992.

<sup>24.</sup> de *frucare*, mover, revolver.

<sup>25.</sup> Véase nº 23.



**Fig. 7** Uno de los más antiguos dibujos del molino de biela-manivela. *Anonyme de la guerre hussite [Anónimo de la guerra Husita]*, ca 1430.  
[Bertrand GILLE, *Les ingénieurs de la Renaissance -Los ingenieros del Renacimiento*, París, Hermann, 1964].



**Fig. 8** Molino de biela-manivela para las fortalezas, denominado “de mango de mariposa” del siglo XV.  
“Este molinito es útil en las fortalezas y ciudadelas. Se acciona a través de un soldado a pie por medio de una manivela con una cabeza de hierro. Este trabajo es penoso para quien lo hace girar. Muele poco y se le llama comúnmente molino con mango de mariposa. El dibujo lo muestra”  
[TACCOLA, *L'art de la guerre, machines et stratagèmes de Taccola, ingénieur de la Renaissance -El arte de la guerra, máquinas y estratagemas de Taccola, ingeniero del Renacimiento-*, París, Eberhard KNOBLOCH éd.].

una rueda o incluso bolas prefigurando los reguladores con bolas posteriores. El volante de inercia con bolas que propone Francesco di Giorgio Martini alcanza una vez desplegado aproximadamente 4,5 metros de diámetro y esta compuesto por cuatro bolas de 15 kilogramos cada una<sup>26</sup>. Dichos molinos se empleaban también para desleir colores<sup>27</sup>, etc. (Cf. Fig. nº 9).

Los dibujos de nuestros arquitectos de los siglos XV y XVI plantean una cuestión epistemológica general: ¿cuál es la confianza que se les puede otorgar? Sus obras son en parte obras de ingenieros que intentan convencer a los pudientes del bien creado con su actividad<sup>28</sup>, también nos preguntamos si sus máquinas se construyeron efectivamente. Parece que en lo que respecta a los molinos de granos con biela-manivela debemos responder que sí.

Varios argumentos convergen en este sentido: por un lado, las explicaciones de los ingenieros son precisas, insistiendo sobre la dificultad del trabajo (Cf. supra Taccoa refiriéndose a los molinos *a frucatoio*). Por otro lado, existe una rápida difusión de este procedimiento en la molinería que puede explicarse de varias maneras.

A mediados del siglo XV, el sistema biela-manivela acaba de llegar a Europa (a lo mas quizás desde medio siglo) y el entusiasmo por esta novedad es muy grande. Aunque también las imágenes muestran un usuario en acción (también por la bomba que por la muela de grano) presentan el trabajo realizado por un hombre. ¿No habría una relación entre la tradicional feminización de la molienda y con ello, la desvalorización de la tarea que conlleva? ¿La biela-manivela precisaría de un gran esfuerzo físico revalorizando este trabajo al confiárselo al hombre?

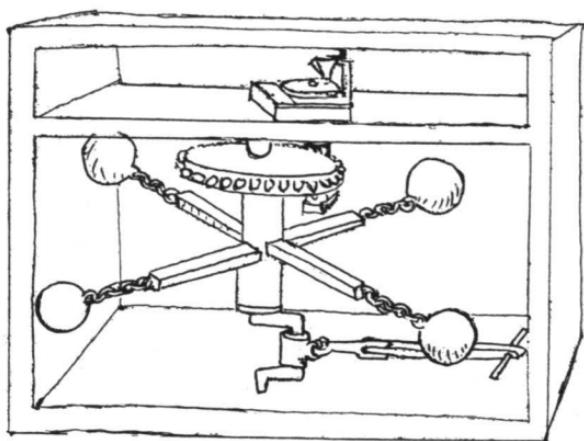
Es posible que también haya algunas ventajas técnicas en este procedimiento y es aquí donde yo preguntaría a mis colegas antro-

---

<sup>26</sup> Francesco di GIORGIO MARTINI, *Trattati di architettura ingegneria e arte militare, a cura di Corrado Maltese*. Transcripción de Livia Maltese Degrassi. Milán, Edizioni il Polifilo, 1967 (Fº 33 V, Tav. 62).

<sup>27</sup> C. PICCOLPASSO (1524-1579) *I tre libri dell'arte del vasaio*, reeditado por Ronald Lightbown y Alan Caiger-Smith, Londres, 1980.

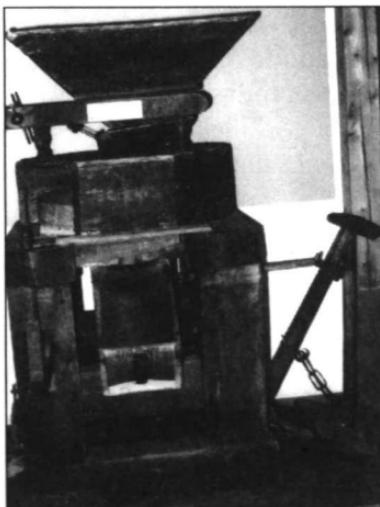
<sup>28</sup> AMOURETTI, Marie-Claire, COMET, Georges, *Hommes et techniques de l'Antiquité à la Renaissance [Hombres y técnicas desde la Antigüedad hasta el Renacimiento]*, París, Colin, 1993.



**Fig. 9** Dibujo de Francesco di Giorgio Martini presentando un molino de biela-manivela con volante de regulación de bolas.

“Para hacer un molino *a frucatoio* se hará un eje con un berbiquí sobre el que hay un manquito con un anillo sobre el que se atará el extremo de la vara. Encima la cruz saldrá un diámetro de 10 a 12 pies, más o menos, según la extensión del lugar y las extremidades hay cadenas largas de 2 pies y medio con bolas de piedra que pesan 35 libras cada una”.

[Francesco di GIORGIO MARTINI, *Trattati di architettura ingegneria e arte militare, a cura di Corrado Maltese*. Transcripción de Livia Maltese Degrassi. Milán, Edizioni il Polifilo, 1967, fº 33 Tav. 62].



**Fig. 10** Molino de mano de biela-manivela empleada para la elaboración de harina de trigo sarraceno en el siglo XVII en las landas de Luneburgo (Baja-Sajonia). [Munich, Deutsche Museum].

pólogos que tengan a bien enseñarme con la ayuda de sus observaciones. Entre los problemas permanentes de la molienda a mano están los de la velocidad y la regularidad de rotación de la muela. Consideramos común que cuanto más rápido sea el movimiento de rotación, mejor será la harina (al menos hasta una velocidad del orden de 60 vueltas/minuto). Me pregunto si la biela-manivela no permite acelerar la rotación de la muela común, a menudo además al precio de un penoso incremento del trabajo.

Recurro por lo tanto a esos dibujos de ingenieros del siglo XVI que muestran un sistema de biela-manivela en la que se añade un volante de inercia que elimina los puntos muertos del movimiento en el extremo de cada vaivén y asegura una regularidad del trabajo. Así, Strada de Rosberg colocaría hasta dos bielas-manivelas en oposición y pone un volante regulador situado desgraciadamente para el funcionamiento general...<sup>29</sup>.

Pero es otra serie de hechos los que me hacen admitir que se construyeron dichos molinos desde que la biela-manivela llegó a Occidente y que los ingenieros nos la muestran. Es la constatación que surge de una rápida investigación etnográfica. Dichos molinos funcionaron en diversos sectores de Europa y se hallan ejemplares conservados en diversos museos. En Escandinavia, vemos un molino de manivela en Copenhague<sup>30</sup>, en Berlín un molino de manivela de hierro y tanque procedente de Schleswig-Holstein<sup>31</sup>. En el siglo XVII, en las landas de Luneburgo, la harina de trigo sarraceno es elaborada con dicho aparato<sup>32</sup>. (**Cf. Fig. nº 10**). En China aún se utiliza, en la segunda mitad del siglo XX, una técnica similar<sup>33</sup>.

En una perspectiva de tecnología histórica, parece necesario aproximar estos sistemas de biela-manivela a los sistemas de

<sup>29</sup> STRADA de ROSBERG, Jacques y Octave, *Desseins artificiaux de toutes sortes de moulins.../Dibujos artificiales de toda clase de molinos.../*, Frankfurt, 1617-1618.

<sup>30</sup> Museo de Lyngby.

<sup>31</sup> Husum (Schleswig-Holstein) Museo de Berlín. Cf.: MAURIZIO, Adam, *Histoire de l'alimentation végétale depuis la préhistoire jusqu'à nos jours /Historia de la alimentación vegetal desde la prehistoria hasta la actualidad/*, París, 1932.

<sup>32</sup> Siglo XVII. Lüneburg Heide (landas de Luneburgo para la elaboración de la harina de trigo sarraceno. Munich, Deutsche Museum).

<sup>33</sup> China, 1987, Dazu (Sichuan).



**Fig. 11** Molino de mango largo fijado en lo alto. Tipo semi-manivela.  
[Munich, Deutsche Museum].



**Fig. 12** Molino de mano, tipo semi-manivela, fijado en lo alto sobre la bancada del molino,  
siglo XVII, en los Kachubos, Prusia occidental.  
[Munich, Deutsche Museum].

mango largo y fijado en lo alto. En este último utensilio no hay ni biela ni manivela, sino que el mango de la muela común es muy largo y fijado en su parte superior, de forma flexible, a un punto fijo situado en la prolongación del centro de la muela. El movimiento que describe durante su acción es el de la generadora de un cono de revolución cuyo plano sería la muela. Ejemplos etnográficos de estos molinos se hallan en el mundo eslavo<sup>34</sup>, germánico también: en Munich<sup>35</sup>, En Prusia entre los Kachubos en el siglo XVIII<sup>36</sup>. (**Cf. Fig. nº 11 y 12.**)

El principio del movimiento es ciertamente diferente del de la biela-manivela, aunque es posible sin embargo que haya habido aquí una etapa técnica en la puesta a punto en Occidente de la biela-manivela ya que este sistema de mango fijado en lo alto constatado en los siglos XVIII al XX está ya presente en los manuscritos medievales.

Así, en el siglo XIV, en el norte de Italia es con la ayuda de dicho molino con lo que se muele la harina de habas<sup>37</sup>, (**Cf. Fig. nº 13**), y en Alemania se trituran cereales<sup>38</sup>. Pero mucho antes, dicho molino se considera que orientó al escritor Plauto según un manuscrito del siglo XII<sup>39</sup>. (**Cf. Fig. nº 14**). Y ya en el siglo XI, figuraba un manuscrito inglés de dicho molino de mano<sup>40</sup>. (**Cf. Fig. nº 15.**)

<sup>34</sup> (Polonia, Lituania) Molino de brazo sin pieza de hierro, mango largo fijado (?) en lo alto. Museo de etnografía eslava de Praga. Cf. MAURIZIO (1932).

<sup>35</sup> Munich, Deutsche Museum.

<sup>36</sup> Idem.

<sup>37</sup> *Tacuinum sanitatis*, Lieja, finales del siglo XIV. Cf.: OPSOMER Carmelia, *L'art de vivre en santé [El arte de vivir sanamente]*, Lieja, 1991.

<sup>38</sup> Molino de mano, mango fijado en lo alto. Manuscrito alemán, siglo XIV, según BENNET, Richard y ELTON, John, *The history of corn-milling*, Londres, 1898, 4 vol. p. 164. Cf. JEAN ORSATELLI, *Les Moulins [Los Molinos]*, Marsella, Jeanne Laffitte, 1979.

<sup>39</sup> Plauto escribe y orienta el molino. Cod. hist. 2º 411, *Historische Sammel-handschrift*, Zwiebalten, 1160-70, *De Sibyllis*, MGH Scriptores, 6, 83, 27-32. Cf.: *Die illuminierten Handschriften des württembergischen Landesbibliothek Stuttgart*, band 2, teil 1, Sigrid von Borries-Schulten, Stuttgart, 1987 (nº 266).

<sup>40</sup> Cf. nuestras anteriores reflexiones sobre este tema y una puesta en perspectiva: COMET, Georges, *Le paysan et son outil, essai d'histoire technique des céréales (France VIIIe-XVe siècle) [El campesino y su utensilio, ensayo de historia técnica de los cereales (...)]*, Roma, Ecole Française de Rome, coll. de l'Efr. nº 165, 1992, p. 398 y siguiente.



**Fig. 13** Molino de largo mango, tipo semi-manivela, destinado a la molienda de habas. [OPSMER, Carmelia, *L'art de vivre en santé -El arte de vivir sanamente-* [Ms. 1041 de la biblioteca de la Universidad de Lieja], Lieja, 1991. Fac-símil, publicación, traducción y comentario].



**Fig. 14** En el siglo XII, un molino tipo semi-manivela. Plauto fue condenado a girar el molino. [Cod. hist. 2º 411, *Historische Sammel-handschrift*, Zwiefalten, 1160-70, *De Sibyllis*, MGH Scriptores, 6, 83, 27-32. Cf.: *Die illuminierten Handschriften des wuttembergischen Landesbibliothek Stuttgart*, band 2, teil 1, Sigrid von Borries-Schulten, Stuttgart, 1987 (nº 266)].

Los ingenieros, sin embargo, abandonaron las investigaciones en esta vía a lo largo del siglo XVII y prefirieron reflexionar sobre la energía hidráulica o sobre la energía eólica.